

BUKTI KORESPONDENSI
ARTIKEL ILMIAH PADA JURNAL NASIONAL TERAKREDITASI
(SINTA 2)

Judul Artikel : Impacts of El Niño Climate Anomaly on Irrigation Scheduling of Maize Crop Using Budget Models under Tropical Climate Conditions

Nama Jurnal : Journal of Agro Science Vol 6, No 1 (2018)
<https://journal.umy.ac.id/index.php/pt/article/view/3083>

Daftar korespondensi :

No	Tanggal Korespondensi	Kegiatan
01	4 Mei 2017	Penyerahan draft makalah
02	22 Mei 2017	Koreksi Makalah
03	2 September 2018	Tagihan
04	1 Februari 2018	Terbit di https://journal.umy.ac.id/index.php/pt/article/view/3083

Planta Tropika Review Form

Title : **Irigasi Kalender untuk Tanaman Jagung Menggunakan BUDGET model pada Kondisi Iklim Tropika**

- Accepted
- Accepted with minor revision
- Accepted with major revision
- Paper as recently written needs extensive revision and is unacceptable for publication
- Paper is wholly unacceptable for publication

No.	Review Items	1	2	3	4	5
1	Clear background and problem				x	
2	Adequate literature				x	
3	Appropriateness of the research method				x	
4	Clear conclusion/finding of research			x		
5	Writing Type Quality			x		

1: Poor | 2: Fair | 3: Average | 4: Good | 5: Excellent

Comment for Author

There some notes and corrections, see at review

Comment for Editor

It needs correction on word typing and EYD bahasa Indonesia, also the format

Irigasi Kalender untuk Tanaman Jagung Menggunakan BUDGET model pada Kondisi Iklim Tropika

ABSTRAK

The research aims to calculate the water requirement and irrigation interval of maize crop as well as designing water-efficient irrigation application system. The study was conducted on dry land of Palembang city of South Sumatra. Crop indicator is maize. Daily climate data is taken from Sultan Mahmud Badarudin and Kenten station. The research used survey method, laboratory analyst, computer simulation and irrigation design. The calculation of water crop deficiency is done by empirical approach by multiplying the potential evapotranspiration value with crop coefficient. A soil water retention characteristic was taken on the basis for calculating the length of water available to plants. Daily rainfall in the field as input water input other than water from irrigation. The combination of soil, climate and plant physiological properties (Agro-pedo-climatic) will result in a system of irrigation water irrigation in a region. Water balance analysis is developed by the help of computer model (BUDGET model). The result of computer model analysis shows that maize crop in rainy season does not require irrigation. For the transition period (March-May) required irrigation in the flowering phase, with a total water requirement of 76.5 mm. Analysis in the dry season (May-July) required irrigation water of 198 mm. Irrigation scheduling application 9 times with intervals every 7 days at the beginning of growth and 10 days of the middle and end. While for testing on dry climate conditions using rainfall data 2015 indicates irrigation should be given since March. And for dry long period (Elnino effect) the irrigation water is about 600-650 mm.

Keyword: Irrigation calendar, Maize crop; Agropedoclimatic data, BUDGET model

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tingkat penggunaan jagung dalam negeri cukup tinggi terutama untuk pakan (unggas) berkisar antara 45 – 55%, sehingga diperhitungkan bahwa indsutri pakan ternak nasional setiap tahunnya membutuhkan sebanyak 3,5 juta ton jagung. Selaian itu kebutuhan jagung juga untuk pangan juga berkisar anatar 45 –55 %. Kesenjangan antara impor dan kemampuan produksi nasional masih lebar, meskipun produksi nasional juga meningkat. Oleh karena itu potensi usaha budidaya tanaman jagung dalam negeri harus ditingkatkan. Permasalahannya adalah untuk tumbuh dan berkembang tanaman memerlukan air secara terus menerus sementara suplai air dari hujan tidak sepanjang bulan. Ada beberapa bulan dimana petani tidak bisa budidaya tanaman karena terjadi defisit air. Kondisi ini mengharuskan upaya pemberian air dari luar melalui aplikasi irigasi (Yoo., et al, 2008)..

Hook *et al.*, (2001), menyatakan bahwa penjadwalan irigasi adalah bagian penting dalam penyusunan startegi pengelolaan air. Penjadwalan irigasi menyangkut berapa banyak air diberikan dan kapan diberikan. Ditambahkan Kumar *et al.*, (2017) bahwa penjadwalan

Comment [WU1]: Muncul darimana? Di hasil pada baris 441 disebutkan 80 mm Setiap pemberian? Di hasil dan kesimpulan tidak ada. Perlu ditambahkan

Comment [WU2]: Format sitasi dan mengetik

Comment [WU3]: et al., (2001) juga yang lainnya

44 air yang tepat bisa menciptakan efisiensi energi dan **menundukung** gerakan pertanian hijau
45 dan energi hijau. Jumlah air yang diberikan sangat tergantung kepada **kemampuan** tanah dalam
46 menyimpan air dan kemampuan tanaman dalam menyerap air di zone perakaran tanaman.
47 Untuk lebih efektif dan efisien dalam aplikasi irigasi di lahan kering maka teknologi irigasi
48 mikro sangat tepat dilakukan (Imanudin *et al* 1997). Irigasi mikro ini menerapkan aplikasi
49 air diberikan tepat **dizona** perakaran tanaman. Metode pemberian air bisa diaplikasi melalui
50 irigasi tetes, drip, curah (micro spray) dan mini-sprinkler.

Comment [WU4]: typing

Comment [WU5]: typing

Comment [WU6]: EYD di zona

51 Untuk dapat menerapkan sistem irigasi mikro ini maka harus terlebih dahulu
52 dipelajari sistem keseimbangan air di lahan tersebut. Keseimbangan air ini merupakan
53 interaksi komponen lahan yang terdiri tanah, air (iklim dan hidrologi) serta tanaman
54 (Imanudin, 2001, Imanudin dan Tambas, 2002). Untuk itu variabel tanah sangat penting
55 sebagai media tumbuh yang akan menentukan jumlah air yang dapat ditampung dan juga
56 dapat dikeluarkan. Dalam konteks ini sifat fisik tanah yang penting diketahui adalah
57 tekstur, porositas, permeabilitas, bobot isi, infiltrasi dan kurva karakteristik kelembaban
58 tanah (Imanudin dan Susanto 1995).

59 Perencanaan pengelolaan air untuk tanaman di lahan kering meliputi kapan dan
60 dimana budidaya tanaman dilakukan, berapa jumlah air yang diperlukan, serta kapan
61 seharusnya irigasi diberikan. Permasalahan di daerah tropik terletak pada keterbatasan data.
62 Informasi ini sampai sekarang belum tersedia, sehingga seringkali petani mengalami
63 kegagalan budidaya tanaman karena di masa pertumbuhan tanaman mengalami
64 keterbatasan air. Rekomendasi sistem penjadualan air irigasi akan berbeda untuk jenis
65 tanaman, tanah dan kondisi iklim setempat. Oleh karena itu perencanaan yang baik harus
66 memasukan komponen data tanah-iklim dan aspek tanaman (Imandin dan Tambas, 2002;
67 Imanudin dan Susanto, 2005). Untuk lebih memudahkan petani dalam aplikasi irigasi maka
68 diperlukan petunjuk praktis berupa kartu irigasi kalender (Imanudin dan Bakri 2012).
69 Penyusunan irigasi kalender harus dilakukan pada dua kondisi iklim yang berbeda dengan
70 beberapa **alternatif** jenis tanah (Imanudin dan Susanto, 2005). Melalui bantuan komputer
71 model BUDGET maka prediksi dinamika kadar air tanah di zona akar tanaman bisa
72 ditentukan dan selanjutnya bisa dibangun sistem irigasi kalender (Kenjabaev, 2013).
73 Pendugaan kadar kelembaban tanah merupakan bagian penting dalam perencanaan irigasi.
74 Tujuan utama dari irigasi adalah menjamin kondisi kelembaban tanah untuk memenuhi
75 kebutuhan evapotranspirasi tanaman (Dhotre *et al.*, 2017).

Comment [WU7]: EYD alternatif

76 Dari potensi dan kendala diatas maka dirasa perlu melakukan rancangan irigasi
77 kalender untuk irigasi tanaman jagung, pada dua kondisi iklim (kering dan basah) di
78 Sumatera Selatan. Diharapkan dari simulasi komputer akan didapat efisiensi pengairan
79 karena air diberikan dalam jumlah dan waktu yang tepat, sehingga upaya penghematan air
80 dapat tercapai.

81 **B. Tujuan**

82 Penelitian bertujuan untuk menentukan kebutuhan air tanaman jagung dan membuat
83 penjadwalan air irigasi pada kondisi dua jenis tekstur tanah yang berbeda dan pada
84 beberapa kondisi cuaca (hujan, pancaroba dan kemarau).

85 **II. METODOLOGI**

86

87 **A. Tempat dan Waktu**

88

89 Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Tanah Jurusan Tanah Fakultas
90 Pertanian Universitas Sriwijaya. Dua jenis tekstur tanah yaitu lempung liat berpasir untuk
91 lapisan pertama dan liat untuk lapisan ke dua digunakan dalam studi ini. Waktu
92 pelaksanaan kajian penelitian adalah adalah satu tahun dimana dengan teknik simulasi
93 komputer memanfaatkan data iklim harian dari bulan Januari sampai Desember 2010. Dan
94 Kondisi iklim kering sebagai dampak Elnino pada tahun 2015.

95

96 **B. Bahan dan Peralatan Penelitian**

97 Adapun bahan dan peralatan yang digunakan dalam peneltian ini adalah data iklim,
98 dan curah hujan, dan tanah. Sementara untuk keperluan analisis data keseimbangan air
99 digunakan bantuan komputer Excel spread sheet dan computer model BUDGET.

100

101 **C. Metode**

102

103 Perhitungan kebutuhan air tanaman dilakukan dengan pendekatan empiris yaitu
104 dengan mengalikan nilai evapotraspirasi potensial dengan koefisien tanaman. Kemampuan
105 tanah dalam menyimpar air tanah (*soil water retention characteristics*) menjadikan dasar
106 bagi perhitungan lamanya air tersedia bagi tanaman. Curah hujan harian dilapangan
107 sebagai masukan input air selain air dari irigasi (Imanudin dan Susanto, 1995). Kombinasi
108 data tanah, iklim dan sifat fisiologis tanaman (Agro-pedo-klimatik) akan menghasilkan

Comment [WU8]: buang

Comment [WU9]: Referensi?

Comment [WU10]: Menyimpan?

Comment [WU11]: EYD di lapangan

109 sistem penjawalan air irigasi disuatu wilayah (Imanudin dan Susanto, 2005). Tahap-
110 tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

111 Analisis retensi air tanah dihitung dengan menggunakan pendekatan pedotrasfer
112 fungsi. Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut (.....):

Comment [WU12]: Sebut reference atau metode siapa

1. Pendugaan Retensi Air Tanah

- 115 • Status air tanah jenuh

$$116 \theta_{sat} = 0.332 - 7.251 * 10^{-4}(\%sand) + 0.1276 \log_{10}(\%clay) \quad [1]$$

118 dimana: θ_{sat} : kandungan air tanah jenuh (m^3/m^3); % pasir: persentasi fraksi pasir (mass%);
119 % persentasi liat dari praksi liat (mass%).

- 122 • Status air tanah kapasitas lapang

$$123 \theta_{\sigma=-10kPa} = 0.4118 - 0.0030(\%sand) + 0.0023(\%clay) + 0.0317(\%OM) \quad [2]$$

$$126 \theta_{\sigma=-33kPa} = 0.2576 - 0.0020(\%sand) + 0.0036(\%clay) + 0.0299(\%OM) \quad [3]$$

128 dimana: $\theta_{\sigma=-10kPa}$: kandungan air tanah (m^3/m^3) untuk tarikan matrik potensial
129 -10 kPa; $\theta_{\sigma=-33kPa}$: kandungan air tanah (m^3/m^3) untuk tarikan matrik potensial
130 -33 kPa and %OM; persentasi kandungan bahan organik (% mass).

- 132 • Status air pada kondisi titik layu permanen

$$134 \theta_{WP} = 0.0260 + 0.0050(\%clay) + 0.0158(\%OM) \quad [4]$$

135 dimana (% liat) adalah presentasi fraksi liat dan (%OM) adalah persentasi kandungan
136 bahan organik (% mass).

3. Perhitungan air tersedia bagi tanaman dan air segera tersedia

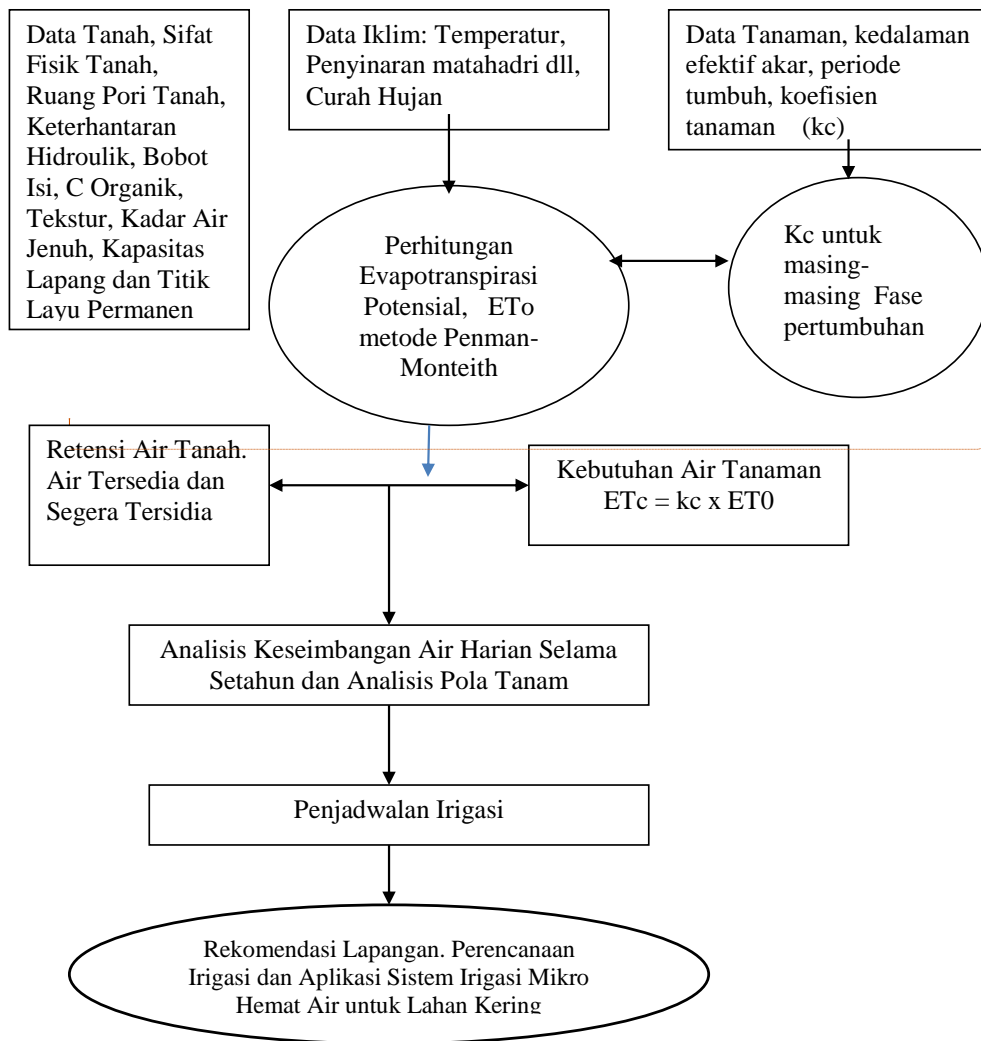
141 Air tersedia bagi tanaman adalah air yang siap dan muda di serap oleh perakaran
142 tanaman. Air tersedia ini adalah kandungan air yang berada pada kondisi kapasitas lapang
143 dan titik layu permanen.

$$144 \text{ Air Tersedia (\% volume)} = (\text{Kandungan Air Kapasitas Lapang } \theta_{\sigma=-10kPa} - \text{Kandungan Air} \\ 145 \text{ Titik Layu Permanen } \theta_{WP}) \% \text{ volume} \quad [5]$$

146 Untuk keperluan irigasi, tanaman harus sudah disiram sebelum kadar air tanah mencapai
147 titik layu permanen, Ini artinya air diberikan sebelum air tersedia habis. Pada kebanyakan
148 tanaman irigasi diberikan setelah 75 % air tersedia habis (Yoo, et al., 2008). Untuk
149 tanaman yang sensitive terhadap kekeringan maka air diberikan pada saat 50% air tersedia
150 habis.

Comment [WU13]: EYD sensitif

151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200



Comment [WU14]: Panah: ETo untuk perhitungan berikutnya

Gambar 1. Diagram Alir Tahap-tahapan penelitian

3. Analisis Kebutuhan Air Tanaman, Keseimbangan Air Tanah, dan Rancangan Penjadwalan Irigasi Tanaman

Kebutuhan air suatu tanaman dapat didefinisikan sebagai jumlah air yang diperlukan untuk memenuhi kehilangan air melalui evapotranspirasi (ET-tanaman)

Comment [WU15]: Tanpa “

201 tanaman yang sehat, tumbuh pada sebidang lahan yang luas dengan kondisi tanah yang
202 tidak mempunyai kendala (kendala lengas tanah dan kesuburan tanah) dan mencapai
203 potensi produksi penuh pada kondisi lingkungan tumbuh tertentu (Doorenbus dan Pruitt,
204 1986; Zotareli, *et al* 2009))

205 Sebagai langkah awal menghitung kebutuhan air tanaman adalah terlebih dahulu
206 menghitung nilai evapotranspirasi potensial. Nilai evapotranspirasi potensial dihitung
207 menggunakan persamaan Penman-monteith seperti dibawah ini:

$$\lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a C_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left[1 + \frac{r_s}{r_a} \right]} \quad [6]$$

210 dimana R_n adalah nilai radiasi bersih, G adalah nilai aliran panas tanah, $(e_s - e_a)$
211 menunjukkan tekanan defisit gas dalam udara ρ_a adalah densitas udara pada tekanan
212 konstan, c_p nilai spesifik panas dalam udara, Δ adalah kemiringan antara tekanan uap
213 jenuh berhubungan dengan temperature, γ adalah nilai konstanta psychrometri, r_s , r_a
214 ...

Comment [WU16]: Evapotranspirasi potensial (ET_o) ?

Comment [WU17]: jenuh

Comment [WU18]: r_s dan r_a apa?

215
216
217 Pengaruh karakteristik tanaman terhadap kebutuhan air tanaman diberikan oleh
218 koefisien tanaman (k_c) yang menyatakan hubungan antara ET_o dan ET tanaman
219 ($ET_{tanaman} = k_c \cdot ET_o$). Nilai-nilai k_c beragam dengan jenis tanaman, fase pertumbuhan
220 tanaman, musim pertumbuhan, dan kondisi cuaca yang ada. Nilai koefisien tanaman dapat
221 dilihat pada Tabel 8. Kebutuhan air tanaman Etc dapat dihitung berdasarkan persamaan
222 dibawah ini:

$$ET_{tanaman} (ET_c) = k_c \cdot ET_o \quad [7]$$

223
224
225 Keseimbangan air di lahan adalah menunjukkan berapa jumlah air yang ditambahkan
226 dan yang dikeluarkan serta yang dapat disimpan di dalam tanah selama periode waktu
227 (Hillel, 1980). Oleh karena itu keseimbangan air dalam tanah pada periode waktu tertentu (Δt)
228 dapat dinyatakan dalam persamaan dibawah ini:

$$\Delta S_L = P + I - ET_a - Q_L - R \quad [8]$$

229
230
231 dimana ΔS_L adalah perubahan penyimpanan air dari permukaan tanah dengan kedalaman
232 tanah tertentu L (kedalaman perakaran); P adalah curah hujan; I adalah irigasi; ET_a adalah
233 evaporasi aktual; Q_L adalah jumlah air yang hilang oleh drainase sebagai fungsi dari
234 integrasi flux tanah dalam batas area (L); dan R adalah aliran permukaan.

236

237

238 Langkah awal untuk menentujakan penjadwalan irigasi adalah dengan menghitung
239 air tersedia bagi tanaman terlebih dahulu. Persamaan 14 adalah menunjukan bagaimana
menghitung nilai air tersedia tersebut.

240 Air Tersedia (% volume) = (Kandungan Air Kapasitas Lapang $\theta_{\sigma=-10kPa}$ - Kandungan Air
241 Titik Layu Permanen θ_{WP})% volume [9]

242 Air yang masih diperbolehkan di ambil oleh tanaman dari air tersedia dikenal
243 dengan air segera tersedia (*readly water available*). Dalam rencana aplikasi irigasi akan
244 disusun penjadwalan air irigasi untuk kondisi 40% dari air tersedia habis.

245 Air segera tersedia = 0,4 x Air Tersedia (% volume) [10]

246 Sebagai ilustrasi konsep aplikasi irigasi dapat dilihat pada Gambar 2 Air diberikan
247 sebelum air tersedia habis. Biasanya diberikan setelah 50-75% air tersedia habis.

248

249

250

251

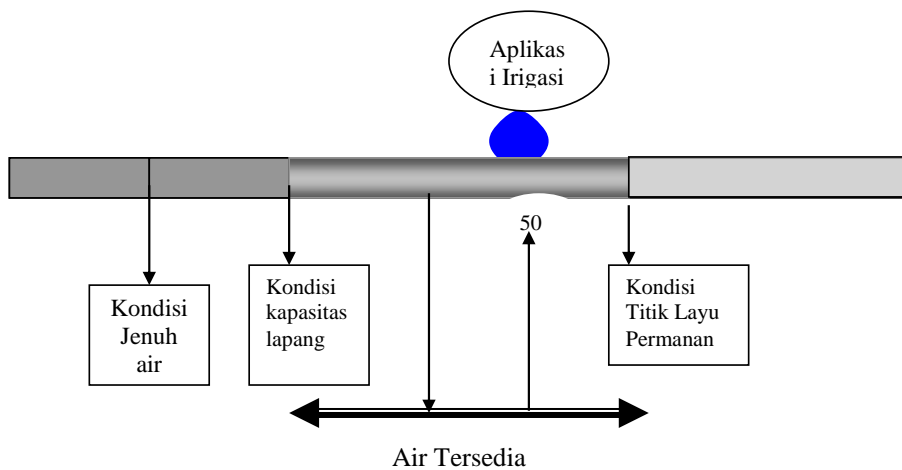
252

253

254

255

256



257

Gambar 2. Ilustrasi konsep aplikasi irigasi sebagai dasar penjadwalan irigasi.

258

259

260

261

262

263

264

Karakteristik tanaman juga penting diketahui untuk menghitung kebutuhan air tanaman jagung. Data yang dibutuhkan adalah kedalaman akar dan nilai koefisien tanaman (K_c). Nilai koefisien tanaman mengacu kepada hasil penelitian Muamar *et al.*, (2012) yaitu nilai koefisien rata-rata pada fase awal; vegetatif, pembungaan dan penuaan adalah berturut-turut 1,26; 1,72; 1,66 dan 1,02. Dalam simulasi komputer ini akan ditentukan panjang akar tanaman adalah 100 cm. Daerah ini merupakan lapisan utama yang terjadi proses absopsi air melalui akar tanaman (Imanudin dan Susanto, 2005).

Comment [WU19]: diambil

Comment [WU20]: EYD?

Comment [WU21]: ke?

265

266

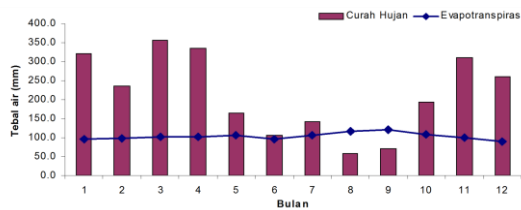
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Evaluasi Ketersediaan Air

268 Analisis evapotranspirasi potensial pada kondisi curah hujan normal menunjukkan
269 nilai evapotranspirasi berada pada kisaran 3,1-3,9 mm/hari atau berkisar antara 90-120
270 mm/bulan. Sementara curah hujan bulanan adalah berkisar antara 57-350 mm/bulan.
271 Kondisi terdapat bulan-bulan dimana terjadi kekurangan air (defisit water) yaitu pada bulan
272 Agustus-September. Berikut Gambar 3 menunjukkan hubungan antara evapotranspirasi
273 potensial dengan curah hujan. Perencanaan irigasi kalender harus sudah diberikan bila kita
274 akan menanam tanaman dari periode bulan Mei-September. Pada bulan-bulan ini

Comment [WU22]: Tahun 2017?

275



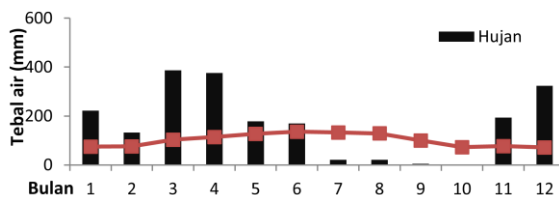
276

277

278 Gambar 3. Hubungan antara curah hujan dengan evapotranspirasi potensial bulanan.

279 Analisis keseimbangan air pada kondisi iklim mengalami pengaruh fenomena
280 El Nino tahun 2015 (Gambar 4) menunjukkan bulan kering lebih banyak yaitu ada empat
281 bulan (Juli, Agustus, September, dan Oktober). Panjang musim kemarau lebih lama,
282 sehingga pada kondisi ini Sumatera Selatan mengalami kekeringan luar biasa dan
283 mengalami bencana kebakaran.
284
285

286



287

288

289 Gambar 4. Hubungan antara curah hujan bulanan dengan evapotranspirasi potensial kondisi
290 kering tahun 2015.

Comment [WU23]: potensial

291 B. Penjadualan Irigasi pada Kondisi Iklim Normal

294

295 **Perencanaan Irigasi Tanaman.** Untuk keperluan irigasi, tanaman harus sudah
296 disiram sebelum kadar air tanah mencapai titik layu permanent, Ini artinya air diberikan
297 sebelum air tersedia habis. Pada kebanyakan tanaman irigasi diberikan setelah 75 % air
298 tersedia habis. Untuk tanaman yang sensitif terhadap kekeringan maka air diberikan pada
299 saat 50% air tersedia habis (Dorenbos and Pruitt, 1986; Raes, 1986).

Comment [WU24]: Tidak ada sub judul. Untuk perencanaan irigasi

300 Beberapa kriteria yang diperlukan dalam system penjadualan irigasi adalah kondisi
301 kelembaban tanah dan fase pertumbuhan tanaman. Periode kritis terjadi terutama pada fase
302 awal pertumbuhan tanaman, dan awal fase generatif. Aplikasi irigasi harus terkonsentrasi
303 pada kedalaman parekaran tanaman dengan perhitungan kedalaman antara 0-40 cm. Irigasi
304 harus di berikan pada saat kandungan air tanah berada pada kondisi kurang dari 70% dari
305 kadar air tanah kapasitas lapang (Songhao Shang, *et al.*, 2004).

306 Aplikasi irigasi (setiap penyiraman) dilakukan dengan menambahkan air ke zona
307 perakaran tanaman (Irigasi mikro) (Evan et al., 1996). Irigasi diberikan sampai seluruh
308 ruang pori tanah jenuh air, sehingga frekuensi irigasi akan menjadi lebih jarang. Kondisi ini
309 agar lebih sederhana dalam pengelolaan air. Karena irigasi yang telalu sering akan
310 menyulitkan petani.

311 Simulasi komputer dengan menggunakan BUDGET model dilakukan untuk tiga
312 skenario waktu tanam yaitu tanam Jagung di musim penghujan periode Januari-April;
313 periode musim pancaroba yaitu Maret-Mei dan periode musim kemarau yaitu bulan Mei-
314 Juli. Pemberian air irigasi dengan maksud agar status air tanah langsung mencapai kondisi
315 kapasitas lapang. Dari hasil analisis kebutuhan air tanaman menunjukkan bahwa kebutuhan
316 air meningkat sering dengan perkembangan tanaman (perpanjangan akar), dan kembali
317 menurun pada saat tanaman mulai bisa **di panen.**

Comment [WU25]: dipanen

318

319 1. **Analissi** *Aplikasi Irigasi Skenario musim Hujan (Januari-April 2010)*

Comment [WU26]: analisis. Perbaiki yang lain

320

321 Hasil analisis status air tanah dengan menggunakan komputer model BUDGET
322 pada musim hujan (Januari-April) dapat dilihat pada Gambar 5. Analisis keseimbangan air
323 menunjukkan kondisi air selama periode ini lebih berada pada kondisi jenuh, sehingga pada
324 masa ini tidak diperlukan aplikasi irigasi.

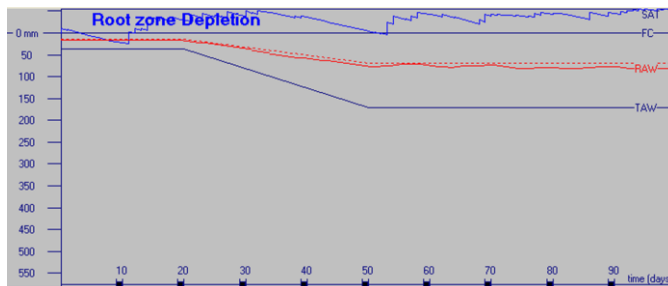
325

326

327

328

329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344



345
346
347
348
349
350

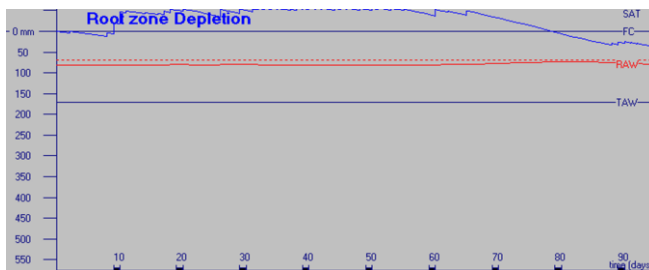
Gambar 5. Analisis dinamika air tanah pada periode musim hujan (Januari-April).

351
352
353
354
355
356

2. Analisis Aplikasi Irigasi Skenario musim Panca-roba (Maret-Mei)

Analisis dinamika air tanah pada periode Panca-roba (Maret-Mei) menunjukkan hal yang sama dengan periode musim hujan. Kondisi suplai air dari hujan cukup banyak sehingga status air tanah berada dalam kondisi jenuh air. Oleh karena itu pada periode ini juga tidak diperlukan irigasi (Gambar 6).

357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369



370
371
372
373

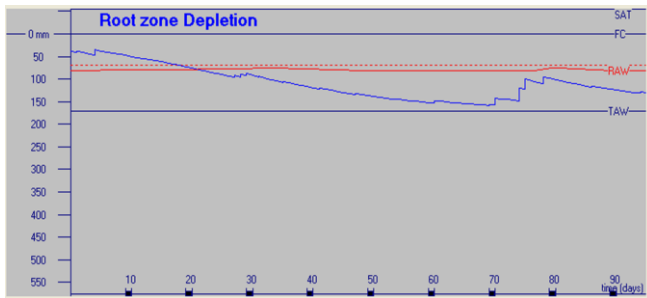
Gambar 6. Analisis dinamika air tanah pada periode musim pancaroba (Maret-Mei).

3. Analisis Aplikasi Irigasi Skenario musim awal kemarau (Mei-Juli)

Comment [WU27]: Gambar 5
-9 Bisa di set kedalaman 200 cm seperti
pada Gambar 10?

374 Analisis dinamika air (Gambar 7), menunjukkan status air tanah mengalami penurunan
375 yang nyata dimana memasuki minggu ke tiga air tanah melewati zona kritis (melewati zona
376 air tersediria). Ini menunjukkan bahwa suplai air dari hujan tidak cukup untuk memenuhi
377 kebutuhan evapotranspirasi. Sehingga diperlukan aplikasi pemberian air (Irigasi).

378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391

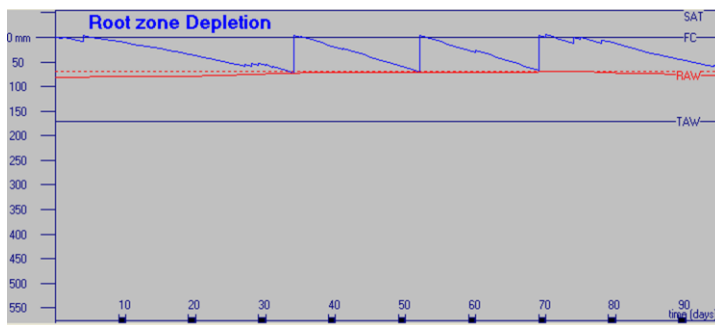


392
393
394
395
396
397
398
399

Gambar 7. Dinamika air tanah pada kondisi (Mei-Juli)

Berdasarkan Gambar 7, menunjukkan bahwa status air tanah turun sampai melebihi

400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414



Gambar 8. Kondisi muka air tanah setelah aplikasi irigasi (Mei-Juli)

415 Selanjutnya analisis dilakukan pada kondisi kering atau rumah kaca dengan asumsi
416 tidak ada hujan. Hasil perhitungan komputer BUDGET menunjukan bahwa kebutuhan air
418

419 tanaman jagung pada periode tanam bila tidak ada hujan adalah 321,2 mm. Pada kondisi ini
 420 aplikasi irigasi diperlukan pada hampir setiap fase pertumbuhan tanaman. Penjadwalan
 421 irigasi dilakukan sebanyak 9 kali pemberian dengan interval setiap 7-10 hari (Gambar 9).

422
 423

424
 425

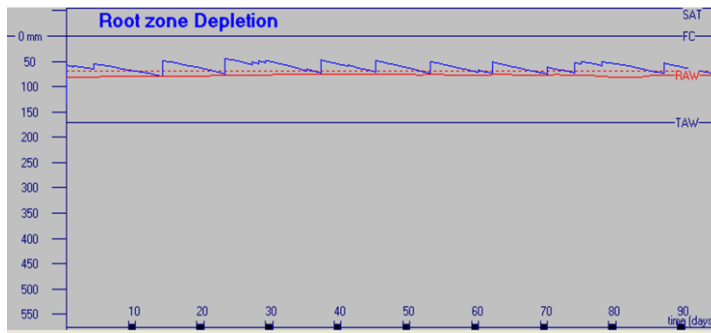
426

427

428

429

430



431

432

433 Gambar 9. Dinamika air tanah pada kondisi aplikasi irigasi selama periode tanam Mei-Juli.

434 Dari Gambar 9 jelas terlihat bahwa interval pemberian air dipengaruhi oleh fase
 435 pertumbuhan tanaman dan curah hujan. Pada kondisi awal interval pemberian air adalah
 436 setiap 10 hari, memasuki pertumbuhan maksimum kebutuhan air meningkat pemberian air
 437 menjadi setiap 7 hari sampai masa pertumbuhan generatif. Kebutuhan air berkurang
 438 menjelang tanaman siap panen, yaitu kembali ke interval pemberian setiap 10 hari.

439 Tanah di areal studi adalah lempung liat berpasir 47% ruang pori total artinya air
 440 tanah dalam kondisi jenuh adalah 47%. Sehingga kemampuan tanah menyimpan air untuk
 441 kedalaman akar 20 cm adalah sebanyak $(47\% \times 200 \text{ mm}) = 94 \text{ mm}$. Aplikasi pemberian air
 442 dilakukan untuk membuat kondisi tanah berada pada kondisi kapasitas lapang. kadar air
 443 kapasitas lapang adalah 32%, sehingga untuk mencapai kondisi ini diperlukan air
 444 sebanyak $(32\% \times 200 \text{ mm}) = 64 \text{ mm}$. Kalau irigasi memiliki efisiensi pemberian air 75%
 445 maka diperlukan air sebanyak 80 mm.

446 Untuk mengurangi kehilangan air akibat penguapan diperlukan upaya konservasi
 447 air. Salah satu upaya yang efektif adalah pemberian mulsa. Dengan mulsa maka air tanah
 448 bisa dihemat sampai 20%. Selain itu pengaruh mulsa mampu menjaga kelembaban tanah,
 449 temperatur dan juga meningkatkan aktivitas mikroba tanah.

450

451 **C. Penjadwalan Irigasi Pada Kondisi Iklim Kering Penaruh Elnino**

Comment [WU28]: Setara dengan berapa m³ per ha untuk sekali irigasi?

Comment [WU29]: Berapa ton/ha?

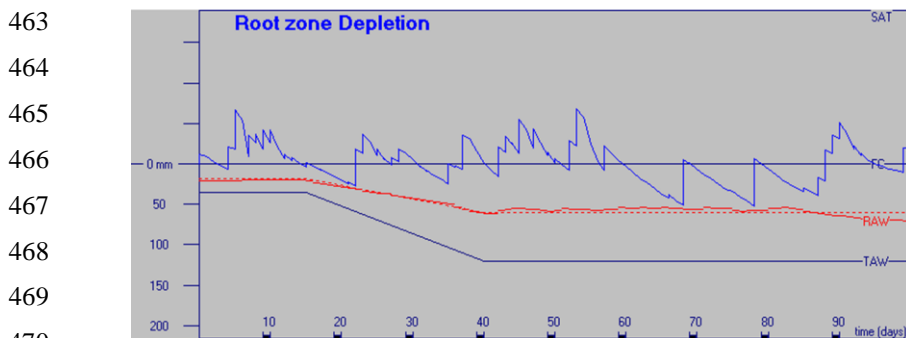
Comment [WU30]: Pustaka?

452 Tanaman jagung memerlukan air rata-rata berkisar 423-450 mm dalam kondisi
453 tanpa defisit air (Liu, 2002); dan maksimum aplikasi irigasi mencapai 642mm (Welde et
454 al., 2016); sesuai dengan hasil penelitian Ezekie (2016) yang menghasilkan range aplikasi
455 irigasi berkisar 432 antara 699 mm. Untuk daerah tropis penelitian Muamar et al (2012)
456 melaporkan bahwa aplikasi air irigasi untuk tanaman jagung adalah 614mm.

457 Hasil simulasi BDGET model meunjukkan bahwa pada kondisi iklim kering 2015
458 usaha budidaya tanaman jagung memerlukan bantuan pengairan. Irigasi harus diberikan bila
459 tanaman dibudidayakan mulai bulan Maret. Hari ke 20 tanaman harus mulai penyiraman.
460 Periode tanam Maret-Juni, hanya memerlukan pengairan sebanyak 5 kali (Gambar 10).
461 Padahal bila kondisi normal periode tanam Maret-Juni tidak memerlukan pengairan.

Comment [WU31]: yping

462



463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

Gambar 10. Hasil simulasi irigasi pada bulan Maret-Juni 2015

473 Ujicoba selanjutnya dilakukan bila budidaya tanaman jagung pada bulan Mei dan
474 berakhir di bulan Agustus. Kondisi ini mengharuskan petani menyiapkan sistem irigasi
475 mikro yang baik. Karena hampir selama pertumbuhan lahan mengandalkan irigasi akibat
476 curah hujan yang jarang. Irigasi diberikan sebanyak 11-12 kali, dengan interval pemberian
477 4-5 hari sekali di fase awal dan setiap 10 hari sekali di fase vegetatif tanaman sudah
478 tumbuh dewasa. Kondisi ini mengharuskan area lahan dekat dengan sumber air, sehingga
479 irigasi bisa dilakukan dengan mudah. Kondisi serupa dialami petani bila melakukan
480 penanaman periode Juni-September. Pada periode ini tidakada curah hujan, bahkan
481 termasuk puncak musim kemarau. Sehingga budidaya tanaman sangat tergantung kepada
482 irigasi. Oleh karena itu bisa disimpulkan untuk menghadapi kondisi iklim kering Elnino,
483 petani harus menyiapkan fasilitas irigasi sejak bulan Maret. Pengairan sudah harus
484

Comment [WU32]: jumlah irigasi juga sama 80 mm? di abstrak disebutkan 600-650 mm dapat darimana?

Comment [WU33]: tidak ada

485 diberikan sejak bulan April, oleh karena itu untuk menghemat air maka aplikasi irigasi
486 harus dikombinasikan dengan penggunaan mulsa.

487

488

489

490

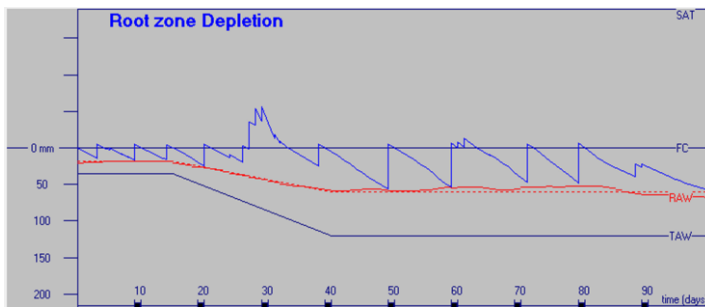
491

492

493

494

495



496

497

498 Gambar 11. Simulasi penjadwalan irigasi dilakukan pada periode Mei-Agustus

499

500

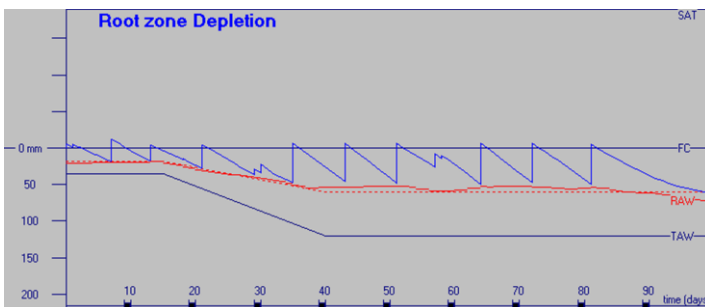
501

502

503

504

505



506

507

508 Gambar 12. Simulasi penjadwalan irigasi pada periode Juni -September

509 Pada periode musim kmarau penjadwalan irigasi dilakukan sebanyak 9-11 kali
510 pemberian dengan interval setiap 7-10 hari. Pada kondisi awal interval pemberian air
511 adalah setiap 10 hari, memasuki pertumbuhan maksimum kebutuhan air meningkat
512 pemberian air menjadi setiap 7 hari sampai masa pertumbuhan generatif. Kebutuhan air
513 berkurang menjelang tanaman siap panen, yaitu kembali ke interval pemberian setiap 10
514 hari. Kondisi ini sejalan dengan hasil penelitian Elzubeir dan Abdelmoniem (2011) bahwa
515 interval irigasi setiap 10 hari mampu menghasilkan produksi tanaman jagung tertinggi.
516 Penelitian Dioudis *et al.*, (2009) menghasilkan interval pemberian air tanaman jagung
517 sebesar 9 hari sekali. Pada kondisi ini volume air diperlukan adalah lebih kurang 5450

Comment [WU34]: Berapa volume air irigasi?

Comment [WU35]: EYD

518 m³/ha. Interval pemberian air dan volume air yang bisa disimpan dalam tanah sangat
519 dipengaruhi oleh tekstur tanah (Imanudin dan Bakri 2012).

Comment [WU36]: Perlu dibahas kelayakan irigasi dengan kebutuhan yang sangat besar. Jika biaya per m³ Rp 500 maka biaya irigasi Rp 25 juta/ha

520

521

522

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

523

524 Komputer model BUDGET efektif digunakan dalam perhitungan dinamika air
525 tanah di zone perakaran tanaman, sekaligus juga merancang aplikasi pemberian air dan
526 interval pemberian air.

527 Hasil analisis menunjukkan bahwa pada kondisi tanam musim hujan sampai musim
528 pancaroba status air tanah menunjukan kondisi jenuh air dimana pengaruh curah hujan
529 sangat nyata meningkatkan kadar air tanah. Kondisi tersebut menyebabkan lahan tidak
530 perlu mendapat pengairan. Aplikasi pemberian air hanya dilakukan bila petani melakukan
531 penanaman di awal musim kemarau sampai musim kemarau (Mei-Juli). Pada kondisi iklim
532 kering Elnino menunjukkan aplikasi irigasi diperlukan pada di setiap fase pertumbuhan
533 tanaman. Pengairan harus sudah diberikan sejak bulan Maret. Oleh karena itu untuk
534 mengantisipasi kekeringan harus disediakan sumber air dan sistem jaringan mikro di
535 lapangan. Interval irigasi hasil pemodelan adalah 10 hari sekali, dan kondisi ini sejalan
536 dengan hasil penelitian lapangan dari beberapa peneliti.

Comment [WU37]: Perlu disebut mulai irigasi apabila defisit air berapa mm pada kondisi curah hujan bulan sebelumnya berapa dan curah hujan bulan berjalan brp? Apa CH hujan sebelumnya dan bulan berjalan = 0? Kalau bulan Mei (asumsi normal) atau Maret (asumsi Elnino) ternyata ada hujan bagaimana?

Comment [WU38]: Pilih di atau pada

Comment [WU39]: Denga jumlah pemberian air irigasi ... m³ per ha setiap kali pemberian

537

538

DAFTAR PUSTAKA

Comment [WU40]: Harap sesuaikan dengan format Planta Tropika

539

540 Benoît S, Jérémie L, Pascal C., 2004. [Irrigation scheduling of confectionery groundnut](#)
541 [\(Arachis hypogaea L.\) in Senegal using a simple water balance model](#)
542 [Agricultural Water Management](#), Volume 67, Issue 3, 1 July 2004, Pages 201-220

543

544 Doorenbos dan Pruitt, (1978) dalam Raes (1986). BUDGET A field water balance model.
545 Reference Manual. Faculty of Agricultural and Applied Biological Science
546 Institute for Land and Water Management. Katholieke Universiteit Leuven.
547 Belgium. 34 p.

548 Elzubeir, O.A., Abdelmoniem, E. M. 2011. Irrigation scheduling for maize (Zea mays L.)
549 under desert area conditions- North of Sudan. [Agriculture and Biology Journal of](#)
550 [North America](#). 2011, 2(4): 645-651 doi:10.5251/abjna.2011.2.4.645.651

551 Evans Robert; Cassel, D.K., Sneed, R.E. 1996. Soil, Water, And Crop Characteristics
552 Important To Irrigation Scheduling. Published by: North Carolina Cooperative
553 Extension Service. Publication Number: AG 452-1. Last Electronic Revision:
554 June1996 (KNS).

- 555 George, BA., S.A. Shende, S.A, Raghuwanshi, N.S. 2000. Development and testing of an
556 irrigation scheduling model. *Agricultural Water Management* 46 (2000) 121±136
557 Hillel, D. 1980. *Applications of soil physics*. Academic press, Inc (London) LTD, 385 p.
- 558 Imanudin, M.S, and Bakri 2012. Penggunaan BUDGET model untuk merancang Irigasi
559 Kalender Tanaman Jagung pada Tanah Tekstur Lempung Berpasir untuk Daerah
560 Iklim Palembang *Jurnal Teknotan Vol. 6 No.2, Mei 2012*.
- 561 Imanudin, M.S., and Susanto, R.H. 2005. The Use of Pedotransfer Function Function for
562 Simulating Computer Model (BUDGET) for Analysing Water Balance under Root
563 Zone. *National Journal of Tropical Soils*. Department of Soil Science. Lampung
564 University, Volume 11 No 1. December 2005. ISSN 0852-257x.
- 565 Imanudin, M.S., Tambas. D. 2002. Penentuan jumlah dan waktu pemberian air irigasi
566 tanaman cabai melalui informasi data iklim, tanaman dan tanah. *Jurnal Agrista*
567 Nomor Akreditasi: 53/DIKTI/Kep/1999. Vol: XII; Desember 2002. ISBN: 1410-
568 3389.
- 569 Imanudin, M.S., Susanto R.H., Zainudi A. 1997. Analisis kemampuan menahan air
570 beberapa contoh tanah sebagai dasar perencanaan irigasi di Sumatera Selatan.
571 ISBN No. 979-95242-0-2.
- 572 Imanudin, M.S., Susanto, R.H. 1995. Penggunaan kurva karakteristik kelembaban tanah
573 dan data iklim dalam perhitungan neraca air tanaman kedelai dan jagung. ISBN No:
574 979-95354-0-9.
- 575 Liu. C., Zhang.X., Zhang. Y. 2002. Determination of daily evaporation and
576 evapotranspiration of winter wheat and maize by large-scale weighing lysimeter and
577 micro-lysimeter. *Agricultural and Forest Meteorology*. 111(2), Pages 109-120.
- 578 Muamar, Triyono, S., Tusi A., Rosadi, B. 2012 Analisis Neraca Air Tanaman Jagung (Za
579 Mays) di Bandar Lampung. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* 1 (1) hal 1-10.
- 580 Songhao Shang , Xichun Li, Xiaomin Ma, Zhidong Lei . 2004. Simulation of water
581 dynamics and irrigation scheduling for winter wheat and maize in seasonal frost
582 areas. *Agricultural Water Management Journal* 68 (2004) 117–133.
- 583 Yoo, S.H Jin-Yong Choi, J.Y. Min-Won Jang, M.W. 2008. Estimation of design water
584 requirement using FAO Penman–Monteith and optimal probability distribution
585 function in South Korea. *Agricultural water management* 9 5 (2008) 845 – 853.
- 586 Zotarelli, L, Johannes M. Scholberg, Michael D. Dukes, Rafael Mun; oz-Carpena a, Jason
587 I. .Tomato yield, biomass accumulation, root distribution and irrigation water use
588 efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation
589 scheduling. *Agricultural water management* 9 6 (2009) 23 – 34.
- 590 Welde, K., Gebremariam. L.H. 2016. Effect of different furrow and plant spacing on yield
591 and water use efficiency of maize. *Agricultural Water Management*. 177 2016:
592 215-220 p.
593
594
595
596
597

Planta Tropika Review Form

Title : **Irigasi Kalender untuk Tanaman Jagung Menggunakan BUDGET model pada Kondisi Iklim Tropika**

- Accepted
- Accepted with minor revision
- Accepted with major revision
- Paper as recently written needs extensive revision and is unacceptable for publication
- Paper is wholly unacceptable for publication

No.	Review Items	1	2	3	4	5
1	Clear background and problem				x	
2	Adequate literature				x	
3	Appropriateness of the research method				x	
4	Clear conclusion/finding of research			x		
5	Writing Type Quality			x		

1: Poor | 2: Fair | 3: Average | 4: Good | 5: Excellent

Comment for Author

There some notes and corrections, see at review

Comment for Editor

It needs correction on word typing and EYD bahasa Indonesia, also the format

Pengaruh Anomali Iklim Elnina terhadap Irigasi Kalender Tanaman Jagung Menggunakan BUDGET Model pada Kondisi Iklim Tropika

ABSTRAK

The research aims to calculate the water requirement and irrigation interval of maize crop as well as designing water-efficient irrigation application system. The study was conducted on dry land of Palembang city of South Sumatra. Crop indicator is maize. Daily climate data is taken from Sultan Mahmud Badarudin and Kenten station. The research used survey method, laboratory analyst, computer simulation and irrigation design. The calculation of water crop deficiency is done by empirical approach by multiplying the potential evapotranspiration value with crop coefficient. A soil water retention characteristic was taken on the basis for calculating the length of water available to plants. Daily rainfall in the field as input water input other than water from irrigation. The combination of soil, climate and plant physiological properties (Agro-pedo-climatic) will result in a system of irrigation water irrigation in a region. Water balance analysis is developed by the help of computer model (BUDGET model). The result of computer model analysis shows that maize crop in rainy season does not require irrigation. For the transition period (March-May) required irrigation in the flowering phase, with a total water requirement of 76.5 mm. Analysis in the dry season (May-July) required irrigation water of 198 mm. Irrigation scheduling application 9 times with intervals every 7 days at the beginning of growth and 10 days of the middle and end. While for testing on dry climate conditions (Elnina) using rainfall data 2015 indicates irrigation should be given since March. For planting period (May- August 2015) the irrigation interval was 12 time when the irrigation application every 5 days during initial stage and 10 days during vegetative stage.

Keyword: Irrigation calendar, Maize crop; Agropedoclimatic data, BUDGET model

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan akan jagung dalam negeri makin hari makin meningkat. Sejauh ini angka kebutuhan cukup tinggi terutama untuk pakan (unggas) berkisar antara 45 – 55%, sehingga diperhitungkan bahwa indsutri pakan ternak nasional setiap tahunnya membutuhkan sebanyak 3,5 juta ton jagung. Kesenjangan antara impor dan kemampuan produksi nasional masih lebar, meskipun produksi nasional juga meningkat. Oleh karena itu potensi usaha budidaya tanaman jagung dalam negeri harus ditingkatkan. Permasalahannya adalah untuk tumbuh dan berkembang tanaman memerlukan air secara terus menerus sementara suplai air dari hujan tidak sepanjang bulan. Ada beberapa bulan dimana petani tidak bisa budidaya tanaman karena terjadi defisit air. Kondisi ini mengharuskan upaya pemberian air dari luar melalui aplikasi irigasi (Yoo., et al., 2008)..

Hook et al., (2001), menyatakan bahwa penjadwalan irigasi adalah bagian penting dalam penyusunan startegi pengelolaan air. Penjadwalan irigasi menyangkut berapa banyak air diberikan dan kapan diberikan. Ditambahkan Kumar et al., (2017) bahwa penjadwalan

45 air yang tepat bisa menciptakan efisiensi energi dan mendukung gerakan pertanian hijau
46 dan energi hijau. Jumlah air yang diberikan sangat tergantung kepada kemampuan tanah
47 dalam menyimpan air dan kemampuan tanaman dalam menyerap air di zona perakaran
48 tanaman. Untuk lebih efektif dan efisien dalam aplikasi irigasi di lahan kering maka
49 teknologi irigasi mikro sangat tepat dilakukan (Imanudin et al., 1997). Irigasi mikro ini
50 menerapkan aplikasi air diberikan tepat di zona perakaran tanaman. Metode pemberian air
51 bisa diaplikasi melalui irigasi tetes, drip, curah (micro spray) dan mini-sprinkler.

52 Irigasi mikro adalah sistem pemberian air untuk tanaman dalam skala kecil dan
53 mengupayakan biaya murah. Agar dapat membangun sistem irigasi mikro diperlukan
54 informasi sumber air di lahan dan teknologi distribusi yang akan diberikan agar air sampai
55 ke zona perakaran tanaman. Keseimbangan air ini merupakan interaksi komponen lahan
56 yang terdiri tanah, air (iklim dan hidrologi) serta tanaman (Imanudin, 2001, Imanudin dan
57 Tambas, 2002). Untuk itu variabel tanah sangat penting sebagai media tumbuh yang akan
58 menentukan jumlah air yang dapat ditampung dan juga dapat dikeluarkan. Dalam konteks
59 ini sifat fisik tanah yang penting diketahui adalah tekstur, porositas, permeabilitas, bobot
60 isi, infiltrasi dan kurva karakteristik kelembaban tanah (Imanudin dan Susanto 1995).

61 Perencanaan pengelolaan air untuk tanaman di lahan kering meliputi kapan dan
62 dimana budidaya tanaman dilakukan, berapa jumlah air yang diperlukan, serta kapan
63 seharusnya irigasi diberikan. Permasalahan di daerah tropik terletak pada keterbatasan data.
64 Informasi ini sampai sekarang belum tersedia, sehingga seringkali petani mengalami
65 kegagalan budidaya tanaman karena di masa pertumbuhan tanaman mengalami
66 keterbatasan air. Rekomendasi sistem penjadualan air irigasi akan berbeda untuk jenis
67 tanaman, tanah dan kondisi iklim setempat. Oleh karena itu perencanaan yang baik harus
68 memasukan komponen data tanah-iklim dan aspek tanaman (Imandin dan Tambas, 2002;
69 Imanudin dan Susanto, 2005). Untuk lebih memudahkan petani dalam aplikasi irigasi maka
70 diperlukan petunjuk praktis berupa kartu irigasi kalender (Imanudin dan Bakri 2012).
71 Penyusunan irigasi kalender harus dilakukan pada dua kondisi iklim yang berbeda dengan
72 beberapa alternatif jenis tanah (Imanudin dan Susanto, 2005). Melalui bantuan komputer
73 model BUDGET maka prediksi dinamika kadar air tanah di zona akar tanaman bisa
74 ditentukan dan selanjutnya bisa dibangun sistem irigasi kalender (Kenjabaev, 2013).
75 Pendugaan kadar kelembaban tanah merupakan bagian penting dalam perencanaan irigasi.
76 Tujuan utama dari irigasi adalah menjamin kondisi kelembaban tanah untuk memenuhi
77 kebutuhan evapotranspirasi tanaman (Dhotre et al., 2017).

78 Dari potensi dan kendala diatas maka dirasa perlu melakukan rancangan irigasi
79 kalender untuk irigasi tanaman jagung, pada dua kondisi iklim (kering dan basah) di
80 Sumatera Selatan. Diharapkan dari simulasi komputer akan didapat efisiensi pengairan
81 karena air diberikan dalam jumlah dan waktu yang tepat, sehingga upaya penghematan air
82 dapat tercapai.

83 **B. Tujuan**

84 Penelitian bertujuan untuk menentukan kebutuhan air tanaman jagung dan membuat
85 penjadwalan air irigasi pada lempung liat berpasir akibat pengaruh anomali iklim Elnino
86 (kering) dan Lanina (Basah).

87 **II. METODOLOGI**

88

89 **A. Tempat dan Waktu**

90

91 Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Tanah Jurusan Tanah Fakultas
92 Pertanian Universitas Sriwijaya. Jenis tekstur tanah yang digunakan dalam studi ini adalah
93 lempung liat berpasir. Waktu pelaksanaan kajian penelitian adalah adalah satu tahun
94 dimana dengan teknik simulasi komputer memanfaatkan data iklim harian dari bulan
95 Januari sampai Desember 2016 untuk kondisi basah. Dan Kondisi iklim kering sebagai
96 dampak Elnino menggunakan data tahun 2015.

97

98 **B. Bahan dan Peralatan Penelitian**

99 Adapun bahan dan peralatan yang digunakan dalam peneltian ini adalah data iklim,
100 curah hujan, dan tanah. Peralatan yang digunakan adalah ring sampel dan bor tanah.
101 Sementara untuk keperluan analisis data keseimbangan air digunakan bantuan komputer
102 Excel spread sheet dan komputer model BUDGET (Raes, 2002)

103

104 **C. Metode**

105

106 Perhitungan kebutuhan air tanaman dilakukan dengan pendekatan empiris yaitu
107 dengan mengalikan nilai evapotraspirasi potensial dengan koefisien tanaman. Kemampuan
108 tanah dalam menyimpan air tanah (*soil water retention characteristics*) menjadikan dasar
109 bagi perhitungan lamanya air tersedia bagi tanaman. Curah hujan harian di lapangan
110 sebagai masukan input air selain air dari irigasi (Imanudin dan Susanto, 1995). Kombinasi

111 data tanah, iklim dan sifat fisiologis tanaman (Agro-pedo-klimatik) akan menghasilkan
112 sistem penjawalan air irigasi disuatu wilayah (Imanudin dan Susanto, 2005). Tahap-
113 tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

114 Analisis retensi air tanah dihitung dengan menggunakan pendekatan pedotrasfer
115 fungsi. Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut (Imanudin dan Tambas, 2002).

116
117

1. Pendugaan Retensi Air Tanah

- 118 • *Status air tanah jenuh*

119

$$120 \theta_{sat} = 0.332 - 7.251 * 10^{-4}(\%sand) + 0.1276 \log_{10}(\%clay) \quad [1]$$

121

122 dimana: θ_{sat} : kandungan air tanah jenuh (m^3/m^3); % pasir: persentasi fraksi pasir (mass%);
123 % persentasi liat dari praksi liat (mass%).

124

- 125 • *Status air tanah kapasitas lapang*

126

$$127 \theta_{\sigma=-10kPa} = 0.4118 - 0.0030(\%sand) + 0.0023(\%clay) + 0.0317(\%OM) \quad [2]$$

128

$$129 \theta_{\sigma=-33kPa} = 0.2576 - 0.0020(\%sand) + 0.0036(\%clay) + 0.0299(\%OM) \quad [3]$$

130

131 dimana: $\theta_{\sigma=-10kPa}$: kandungan air tanah (m^3/m^3) untuk tarikan matrik potensial
132 -10 kPa; $\theta_{\sigma=-33kPa}$: kandungan air tanah (m^3/m^3) untuk tarikan matrik potensial
133 -33 kPa and %OM; persentasi kandungan bahan organik (% mass).

134

- 135 • *Status air pada kondisi titik layu permanen*

136

$$137 \theta_{WP} = 0.0260 + 0.0050(\%clay) + 0.0158(\%OM) \quad [4]$$

138 dimana (% liat) adalah presentasi fraksi liat dan (%OM) adalah persentasi kandungan
139 bahan organik (% mass).

140

141

142 3. Perhitungan air tersedia bagi tanaman dan air segera tersedia

143

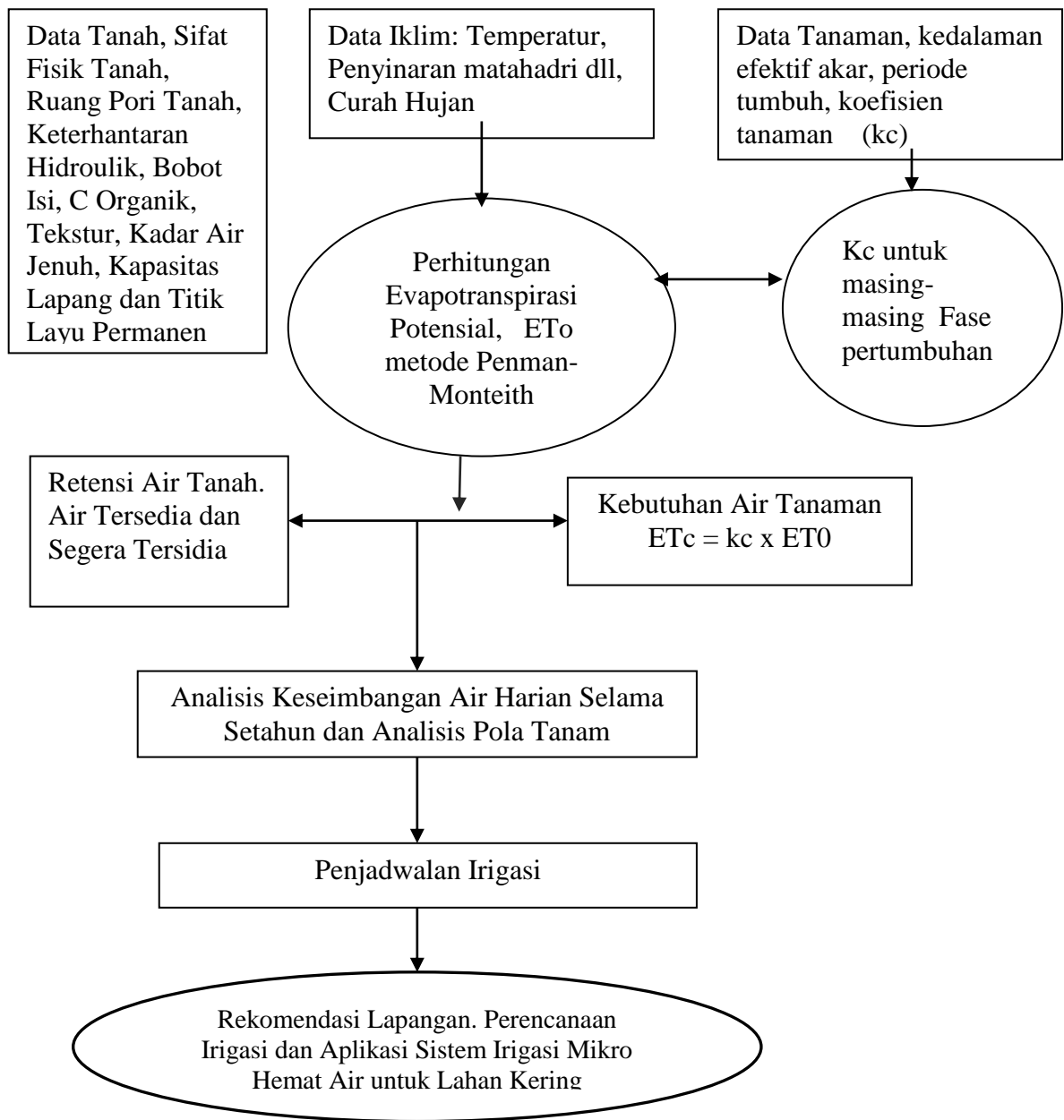
144 Air tersedia bagi tanaman adalah air yang siap dan muda di serap oleh perakaran
145 tanaman. Air tersedia ini adalah kandungan air yang berada pada kondisi kapasitas lapang
146 dan titik layu permanent.

$$147 \text{Air Tersedia (\% volume)} = (\text{Kandungan Air Kapasitas Lapang } \theta_{\sigma=-10kPa} - \text{Kandungan Air} \\ 148 \text{ Titik Layu Permanen } \theta_{WP}) \% \text{ volume} \quad [5]$$

149 Untuk keperluan irigasi, tanaman harus sudah disiram sebelum kadar air tanah mencapai
150 titik layu permanent, Ini artinya air diberikan sebelum air tersedia habis. Pada kebanyakan
151 tanaman irigasi diberikan setelah 75 % air tersedia habis (Yoo, et al., 2008). Untuk

152 tanaman yang sensitif terhadap kekeringan maka air diberikan pada saat 50% air tersedia
153 habis.

154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190



191 Gambar 1. Diagram Alir Tahap-tahapan penelitian (Bakri dan Imanudin, 2012)

192
193
194
195 **3. Analisis Kebutuhan Air Tananaman, Keseimbangan Air Tanah, dan Rancangan**
196 **Penjadwalan Irigasi Tanaman**

197
198 Kebutuhan air suatu tanaman dapat didefinisikan sebagai jumlah air yang
199 diperlukan untuk memenuhi kehilangan air melalui evapotranspirasi (ET-tanaman)

200 tanaman yang sehat, tumbuh pada sebidang lahan yang luas dengan kondisi tanah yang
 201 tidak mempunyai kendala (kendala lengas tanah dan kesuburan tanah) dan mencapai
 202 potensi produksi penuh pada kondisi lingkungan tumbuh tertentu (Doorenbus dan Pruit,
 203 1986; Zotareli, *et al* 2009))

204 Sebagai langkah awal menghitung kebutuhan air tanaman adalah terlebih dahulu
 205 menghitung nilai evapotranspirasi potensial. Nilai evapotranspirasi potensial (ET_o) dihitung
 206 menggunakan persamaan Penman-monteith seperti dibawah ini:

207

$$208 \quad \lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a C_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left[1 + \frac{r_s}{r_a} \right]} \quad [6]$$

209

210 dimana R_n adalah nilai radiasi bersih, G adalah nilai aliran panas tanah, (e_s - e_a)
 211 menunjukkan tekanan defisit gas dalam udara ρ_a adalah densitas udara pada tekanan
 212 konstan, c_p nilai spesefik panas dalam udara, Δ adalah kemiringan antara tekanan uap
 213 jenuh berhubungan dengan temperature, γ adalah nilai konstanta physicrometri, r_s adalah
 214 faktor penyinaran matahari yang sudah dikoreksi dan r_a adalah nilai radiasi matahari
 215 dimana nilainya dipengaruhi letak lintang suatu wilayah.

216

217 Pengaruh karakteristik tanaman terhadap kebutuhan air tanaman diberikan oleh
 218 koefisien tanaman (k_c) yang menyatakan hubungan antara ET_o dan ET tanaman
 219 (ET_{tanaman} = k_c . ET_o). Nilai-nilai k_c beragam dengan jenis tanaman, fase pertumbuhan
 220 tanaman, musim pertumbuhan, dan kondisi cuaca yang ada. Nilai koefisien tanaman dapat
 221 dilihat pada Tabel 8. Kebutuhan air tanaman Etc dapat dihitung berdasarkan persamaan
 222 dibawah ini:

223

$$224 \quad ET\text{-tanaman (ETc)} = k_c \cdot ET_o \quad [7]$$

225

226 Keseimbangan air di lahan adalah menunjukkan berapa jumlah air yang ditambahkan
 227 dan yang dikeluarkan serta yang dapat disimpan di dalam tanah selama periode waktu
 228 (Hillel, 1980). Oleh karena itu keseimbangan air dalam tanah pada periode waktu tertentu (
 229 Δt) dapat dinyatakan dalam persamaan dibawah ini:

230

$$231 \quad \Delta S_L = P + I - ET_a - Q_L - R \quad [8]$$

232 dimana ΔS_L adalah perubahan penyimpanan air dari permukaan tanah dengan kedalaman
 233 tanah tertentu L (kedalaman perakaran); P adalah curah hujan; I adalah irigasi; ETa adalah
 234 evaporasi aktual; Q_L adalah jumlah air yang hilang oleh drainase sebagai fungsi dari
 235 integrasi flux tanah dalam batas area (L); dan R adalah aliran permukaan.

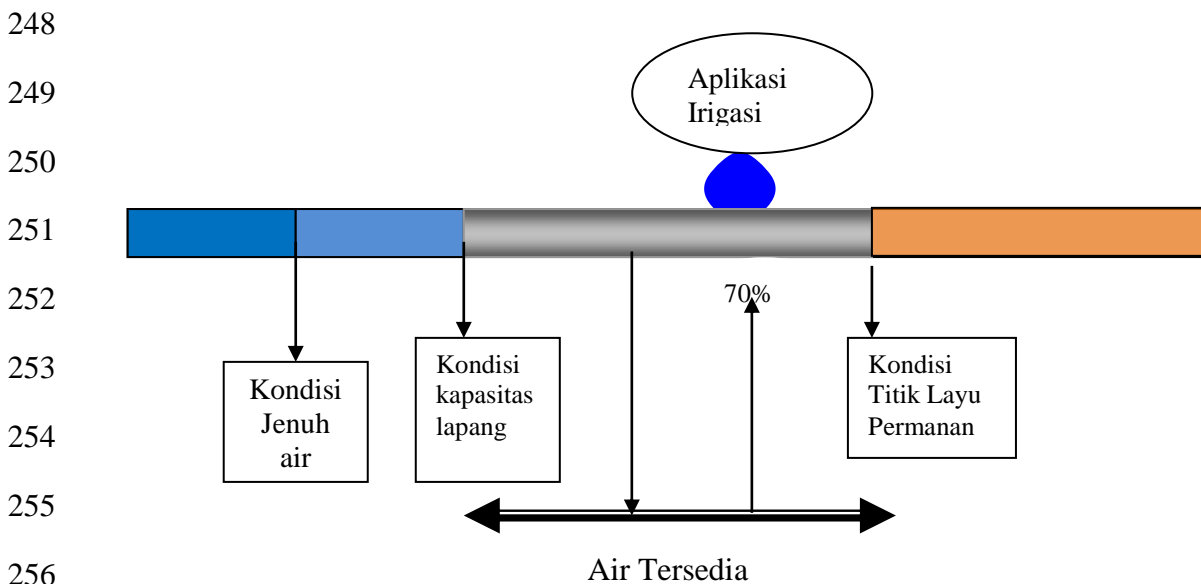
236
 237 Langkah awal untuk menentujakan penjadwalan irigasi adalah dengan menghitung
 238 air tersedia bagi tanaman terlebih dahulu. Persamaan 14 adalah menunjukan bagaimana
 239 menghitung nilai air tersedia tersebut.

240 Air Tersedia (% volume) = (Kandungan Air Kapasitas Lapang $\theta_{\sigma=-10kPa}$ - Kandungan Air
 241 Titik Layu Permanen θ_{WP})% volume [9]

242 Air yang masih diperbolehkan diambil oleh tanaman dari air tersedia dikenal
 243 dengan air segera tersedia (*readly water available*). Dalam rencana aplikasi irigasi akan
 244 disusun penjadwalan air irigasi untuk kondisi 40% dari air tersedia habis.

245 Air segera tersedia = 0,4 x Air Tersedia (% volume) [10]

246 Sebagai ilustrasi konsep aplikasi irigasi dapat dilihat pada Gambar 2 Air diberikan
 247 sebelum air tersedia habis. Biasanya diberikan setelah 50-75% air tersedia habis.



257 Gambar 2. Ilustrasi konsep aplikasi irigasi sebagai dasar penjadwalan irigasi (Bakri
 dan Imanudin, 2012)

258

259 Karakteristik tanaman juga penting diketahui untuk menghitung kebutuhan air
 260 tanaman jagung. Data yang dibutuhkan adalah kedalaman akar dan nilai koefisien tanaman

261 (kc). Nilai koefisien tanaman (kc) mengacu kepada hasil penelitian Muamar *et al.*, (2012)
262 yaitu nilai koefisien rata-rata pada fase awal; vegetatif, pembungaan dan penuaan adalah
263 berturut-turut 1,26; 1,72; 1,66 dan 1,02. Dalam simulasi komputer ini akan ditentukan
264 panjang akar tanaman adalah 100 cm. Daerah ini merupakan lapisan utama yang terjadi
265 proses pengambilan air melalui akar tanaman (Imanudin dan Susanto, 2005).

266

267

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

268 A. Evaluasi Ketersediaan Air

269 Analisis evapotranspirasi potensial pada kondisi curah hujan normal menunjukkan
270 nilai evapotranspirasi berada pada kisaran 3,1-3,9 mm/hari atau berkisar antara 90-120
271 mm/bulan. Sementara curah hujan bulanan adalah berkisar antara 57-350 mm/bulan.
272 Kondisi terdapat bulan-bulan dimana terjadi kekurangan air (defisit water) yaitu pada bulan
273 Agustus-September. Berikut Gambar 3 menunjukkan hubungan antara evapotranspirasi
274 potensial dengan curah hujan tahun 2016. Perencanaan irigasi kalender harus sudah
275 diberikan bila kita akan menanam tanaman dari periode bulan Mei-September. Pada bulan-
276 bulan ini

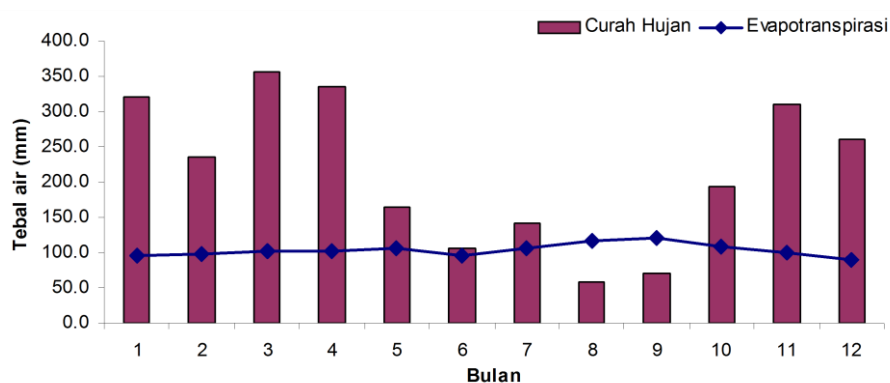
277

278

279

280

281



282

283 Gambar 3. Hubungan antara curah hujan dengan evapotranspirasi potensial bulanan.

284 Analisis keseimbangan air pada kondisi iklim mengalami pengaruh fenomena
285 Elnino tahun 2015 (Gambar 4) menunjukkan bulan kering lebih banyak yaitu ada empat
286 bulan (Juli, Agustus, September, dan Oktober). Panjang musim kemarau lebih lama,
287 sehingga pada kondisi ini Sumatera Selatan mengalami kekeringan luar biasa dan
288 mengalami bencana kebakaran. Untuk itu teknologi irigasi hemat air sangat diperlukan
289 dalam kondisi ini, disamping penggunaan teknologi mulsa untuk mengurangi penguapan.

290

291

292

293

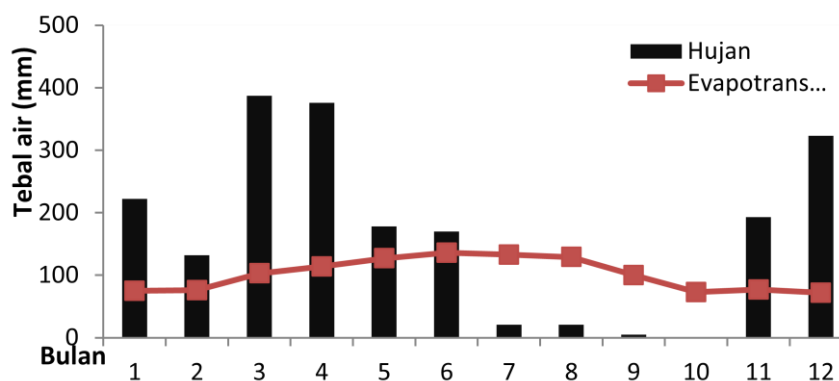
294

295

296

297

298



299 Gambar 4. Hubungan antara curah hujan bulanan dengan evapotraspirasi potensial kondisi
300 kering tahun 2015.

301

302 B. Penjadualan Irigasi pada Kondisi Iklim Normal

303

304 Irigasi tanaman harus sudah diberikan sebelum kadar air tanah mencapai titik layu
305 permanent, Ini artinya air diberikan sebelum air tersedia habis. Pada kebanyakan tanaman
306 irigasi diberikan setelah 75 % air tersedia habis. Untuk tanaman yang sensitif terhadap
307 kekeringan maka air diberikan pada saat 50% air tersedia habis (Dorenbos and Pruit, 1986;
308 Raes, 1986).

309 Beberapa kriteria yang diperlukan dalam system penjadualan irigasi adalah kondisi
310 kelembaban tanah dan fase pertumbuhan tanaman. Periode kritis terjadi terutama pada fase
311 awal pertumbuhan tanaman, dan awal fase generatif. Aplikasi irigasi harus terkonsentrasi
312 pada kedalaman parekaran tanaman dengan perhitungan kedalaman antara 0-40 cm. Irigasi
313 harus di berikana pada saat kandungan air tanah berada pada kondisi kurang dari 70% dari
314 kadar air tanah kapasitas lapang (Songhao Shang, et al., 2004).

315 Aplikasi irigasi (setiap penyiraman) dilakukan dengan menambahkan air ke zona
316 perakaran tanaman (Irigasi mikro) (Evan et al., 1996). Irigasi diberikan sampai seluruh
317 ruang pori tanah jenuh air, sehingga frekuensi irigasi akan menjadi lebih jarang. Kondisi ini
318 agar lebih sederhana dalam pengelolaan air. Karena irigasi yang telalu sering akan
319 menyulitkan petani.

320 Simulasi komputer dengan menggunakan BUDGET model dilakukan untuk tiga
321 skenario waktu tanam yaitu tanam Jagung di musim penghujan periode Januari-April
322 (2016) ; periode musim pancaroba yaitu Maret-Mei dan periode musim kemarau yaitu
323 bulan Mei-Juli. Pemberian air irigasi dengan maksud agar status air tanah langsung
324 mencapai kondisi kapasitas lapang. Dari hasil analisis kebutuhan air tanaman menunjukkan
325 bahwa kebutuhan air meningkat sering dengan perkembangan tanaman (perpanjangan
326 akar), dan kembali menurun pada saat tanaman mulai bisa dipanen.

327

328 *1. Analis Aplikasi Irigasi Skenario musim Hujan (Januari-April)*

329

330 Hasil analisis status air tanah dengan menggunakan komputer model BUDGET
331 pada musim hujan (Januari-April) dapat dilihat pada Gambar 5. Analisis keseimbangan air
332 menunjukkan kondisi air selama periode ini lebih berada pada kondisi jenuh, sehingga pada
333 masa ini tidak diperlukan aplikasi irigasi.

334 Aplikasi pengelolaan air pada periode ini (Gambar 5) lebih sebagai drainase
335 (pembuangan) untuk menciptakan kondisi air tanah berada pada kapasitas lapang. Karena
336 kondisi air tanah jenuh (ruang pori total terisi air) lebih dari 3 hari dapat menyebabkan
337 berkurangnya oksigen di zona akar sehingga mengakibatkan kematian tanaman.

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

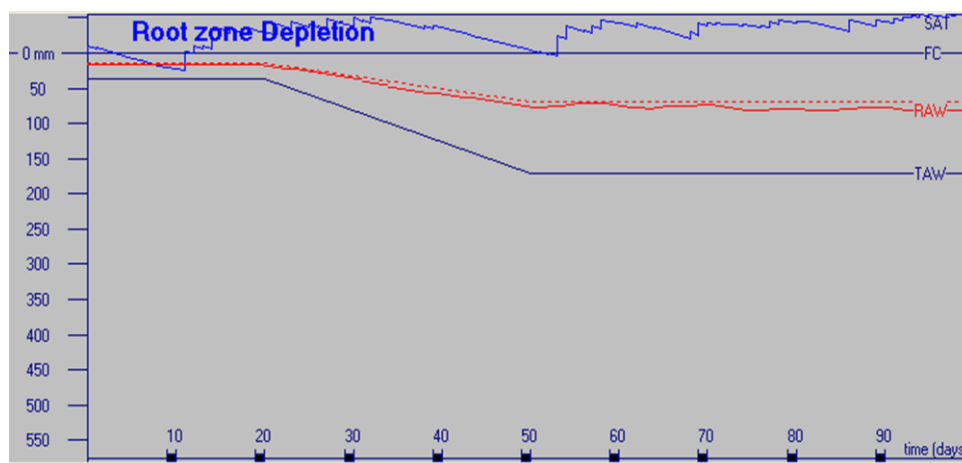
348

349

350

351

352



353

354 Gambar 5. Analisis dinamika air tanah pada periode musim hujan (Januari-April).

355

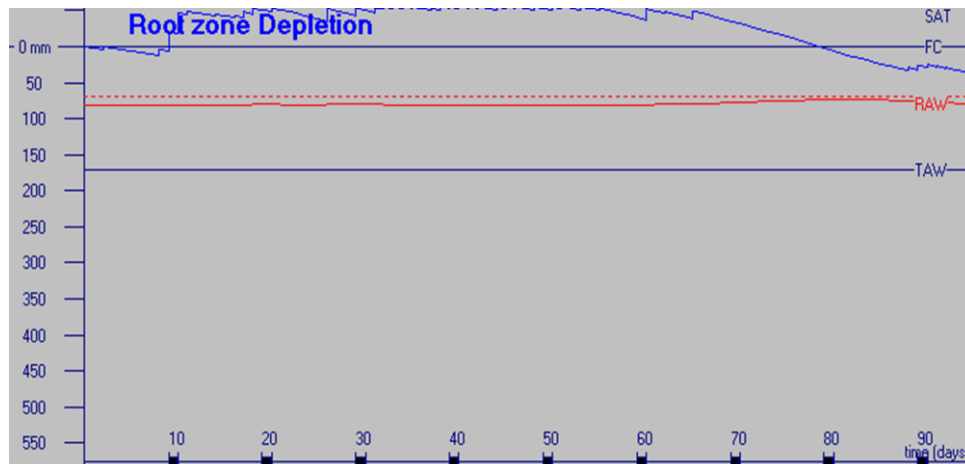
356

357 *2. Analisis Aplikasi Irigasi Skenario musim Panca roba (Maret-Mei)*

358 Analisis dinamika air tanah pada periode Panca-roba (Maret-Mei) menunjukkan hal
359 yang sama dengan periode musim hujan. Kondisi suplai air dari hujan cukup banyak

360 sehingga status air tanah berada dalam kondisi jenuh air. Oleh karena itu pada periode ini
361 juga tidak diperlukan irigasi (Gambar 6).

362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376



377 Gambar 6. Analisis dinamika air tanah pada periode musim pancaroba (Maret-Mei).

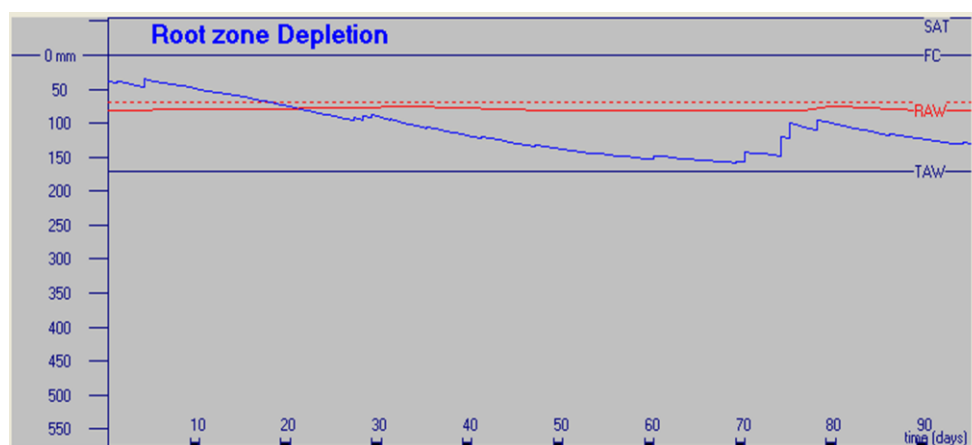
378
379
380

3. Analisis Aplikasi Irigasi Skenario musim awal kemarau (Mei-Juli)

381
382
383
384

Analisis dinamika air (Gambar 7), menunjukkan status air tanah mengalami penurunan yang nyata dimana memasuki minggu ke tiga air tanah melewati zona kritis (melewati zona air terseridia). Ini menunjukkan bahwa suplai air dari hujan tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi. Sehingga diperlukan aplikasi pemberian air (Irigasi).

385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398



399 Gambar 7. Dinamika air tanah pada kondisi (Mei-Juli)

400
401
402
403
404

Berdasarkan Gambar 7, menunjukkan bahwa status air tanah turun sampai melebihi batas kritis. Ini artinya tanaman memerlukan irigasi sejak minggu ke tiga. Hasil simulasi aplikasi pemberian air bisa dilihat pada Gambar 8. Penanaman bulan Mei, pada tahap awal pertumbuhan masih ada hujan sehingga tanaman belum perlu disiram. Hujan mulai jarang

405 memasuki minggu ke tiga sehingga diperlukan irigasi. Pemberian air cukup dilakukan
406 sebanyak tiga kali yaitu setiap dua minggu sekali.

407

408

409

410

411

412

413

414

415

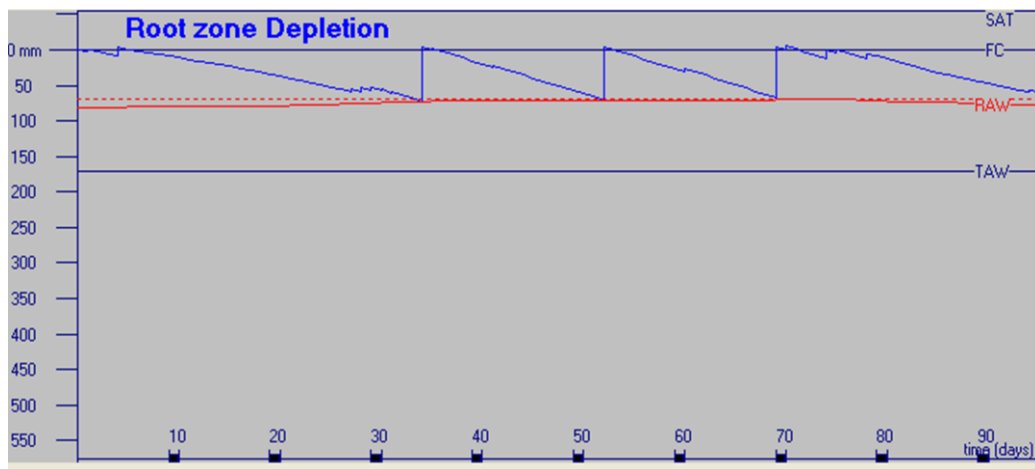
416

417

418

419

420



421

422 Gambar 8. Kondisi muka air tanah setelah aplikasi irigasi (Mei-Juli)

423

424

425

426

427

428

429

430

431

432

433

434

435

436

437

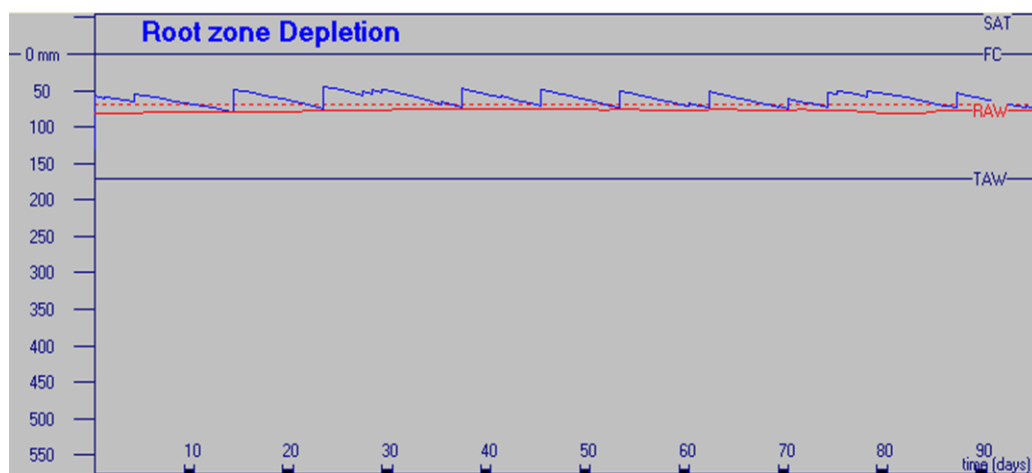
438

439

440

441

442



443

444 Gambar 9. Dinamika air tanah pada kondisi aplikasi irigasi selama periode tanam Mei-Juli.

445 Dari Gambar 9 jelas terlihat bahwa interval pemberian air dipengaruhi oleh fase
446 pertumbuhan tanaman dan curah hujan. Pada kondisi awal interval pemberian air adalah
447 setiap 10 hari, memasuki pertumbuhan maksimum kebutuhan air meningkat pemberian air
448 menjadi setiap 7 hari sampai masa pertumbuhan generatif. Kebutuhan air berkurang
449 menjelang tanaman siap panen, yaitu kembali ke interval pemberian setiap 10 hari.

450 Tanah di areal studi adalah lempung liat berpasir 47% ruang pori total artinya air
451 tanah dalam kondisi jenuh adalah 47 %. Sehingga kemampuan tanah menyimpan air untuk
452 kedalaman akar 20 cm adalah sebanyak $(47\% \times 200 \text{ mm}) = 94 \text{ mm}$. Aplikasi pemberian air
453 dilakukan untuk membuat kondisi tanah berada pada kondisi kapasitas lapang. kadar air
454 kapasitas lapang adalah 32 %, sehingga untuk mencapai kondisi ini diperlukan air
455 sebanyak $(32\% \times 200 \text{ mm}) = 64 \text{ mm}$. Kalau irigasi memiliki efisiensi pemberian air 75 %
456 maka diperlukan air sebanyak 80 mm. Untuk itu volume air yang dibutuhkan dalam 1
457 hektar adalah $0,08 \text{ m} \times 10.000 \text{ m}^2 = 800 \text{ m}^3$ air.

458 Untuk mengurangi kehilangan air akibat penguapan diperlukan upaya konservasi
459 air. Salah satu upaya yang efektif adalah pemberian mulsa. Dengan teknologi mulsa maka
460 air tanah bisa dihemat. Penelitian terhadap irigai curah yang menggunakan mulsa plastik
461 maka kebutuhan air irigasi bisa di hemat sampai 24-26% (Ingman et al., 2015). Selain itu
462 pengaruh mulsa mampu menjaga kelembaban tanah, temperatur dan juga meningkatkan
463 aktivitas mikroba tanah (Shujing et al., 2016)

464

465

466

467 **C. Penjadwalan Irigasi Pada Kondisi Iklim Kering Pengaruh Elnino**

468 Tanaman jagung memerlukan air rata-rata berkisar 423-450 mm dalam kondisi
469 tanpa defisit air (Liu, 2002); dan jumlah air yang diberikan sangat tergantung dengan
470 metode pemberian dan jenis tekstur tanah. Jumlah maksimum aplikasi irigasi mencapai
471 642mm (Welde et al., 2016); sesuai dengan hasil penelitian Ezekie (2016) yang
472 menghasilkan range aplikasi irigasi berkisar 432 antara 699 mm. Untuk daerah tropis
473 penelitian Muamar et al., (2012) melaporkan bahwa aplikasi air irigasi untuk tanaman
474 jagung adalah 614mm.

475 Hasil simulasi BUDGET model menunjukkan bahwa pada kondisi iklim kering
476 2015 usaha budidaya tanaman jagung memerlukan bantuan pengairan. Irigasi harus
477 diberikan bila tanaman dibudidayakan mulai bulan Maret. Hal ini ditunjukkan bahwa pada
478 hari ke 20 tanaman harus mulai penyiraman. Periode tanam Maret-Juni, hanya memerlukan

479 pengairan sebanyak 5 kali (Gambar 10). Padahal bila kondisi iklim normal seperti pada
480 kondisi hujan tahun 2016, periode tanam Maret-Juni tidak memerlukan pengairan.

481

482

483

484

485

486

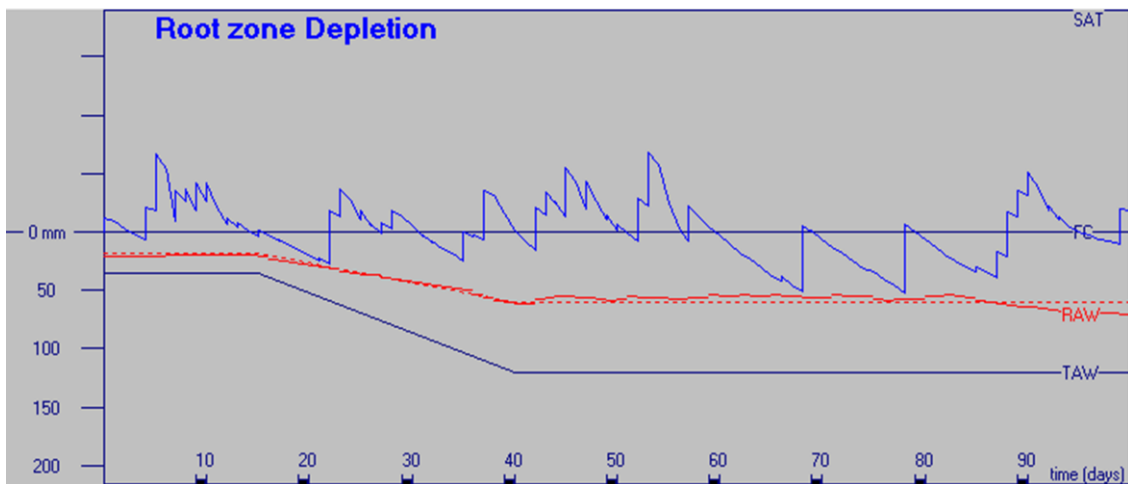
487

488

489

490

491



492

Gambar 10. Hasil simulasi irigasi pada bulan Maret-Juni 2015

493

494

495

496

497

498

499

500

501

502

503

504

505

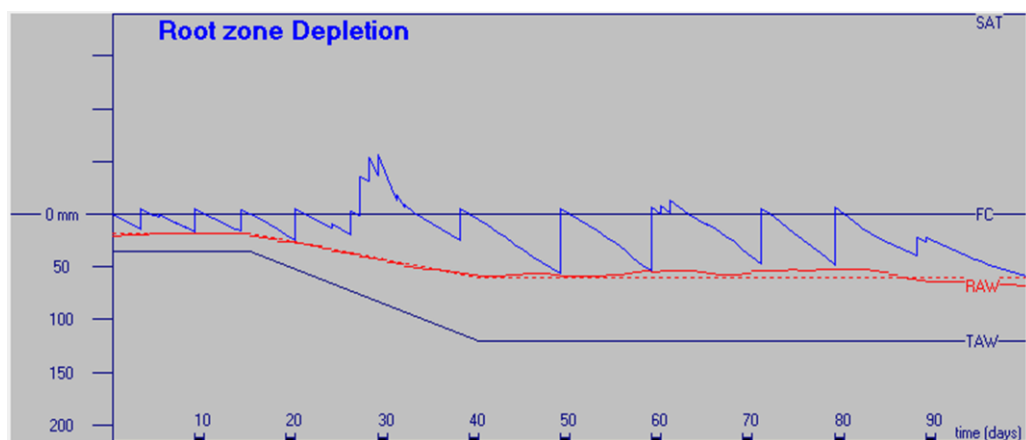
506

507

508

509

510



511

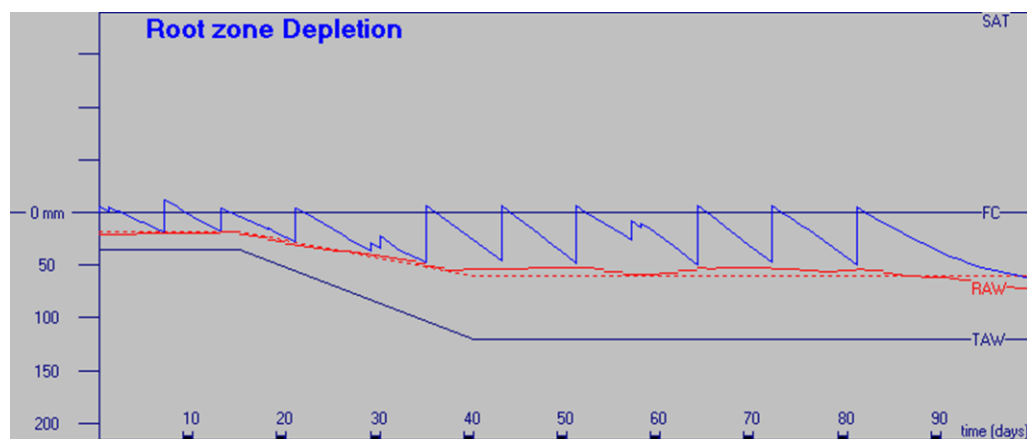
Gambar 11. Simulasi penjadwalan irigasi dilakukan pada periode Mei-Agustus

512

513 Kondisi serupa dialami petani bila melakukan penanaman periode Juni-September
514 (Gambar 12). Pada periode ini tidak ada curah hujan, bahkan termasuk puncak musim
515 kemarau. Sehingga budidaya tanaman sangat tergantung kepada irigasi. Oleh karena itu bisa
516 disimpulkan untuk menghadapi kondisi iklim kering Elnino, petani harus menyiapkan
517 fasilitas irigasi sejak bulan Maret. Pengairan sudah harus diberikan sejak bulan April, oleh
518 karena itu untuk menghemat air maka aplikasi irigasi harus dikombinasikan dengan
519 penggunaan mulsa.

520

521



522

523
524
525
526
527
528
529
530 Gambar 12. Simulasi penjadwalan irigasi pada periode Juni -September

531

532 Pada kondisi awal interval pemberian air adalah setiap 10 hari, memasuki
533 pertumbuhan maksimum kebutuhan air meningkat pemberiaan air menjadi setiap 7 hari
534 sampai masa pertumbuhan generartif. Kebutuhan air berkurang menjelang tanaman siap
535 panen, yaitu kembali ke interval pemberian setiap 10 hari. Kondisi ini sejalan dengan hasil
536 penelitian Elzubeir dan Abdelmoniem (2011) bahwa interval irigasi setiap 10 hari mampu
537 menghasilkan produksi tanaman jagung tertinggi. Interval pemberian air dan volume air
538 yang bisa disimpan dalam tanah sangat dipengaruhi oleh curah hujan dan tekstur tanah
539 (Bakri, dan Imanudin, 2012). Dengan adanya iklim kering (Elnino) maka pemberian air
540 irigasi lebih sering 12 kali, dan pada kondisi iklim normal hanya 10 kali.

541 Aplikasi irigasi dilakukan bila kondisi air tersedia sudah habis 75%. Tanah diareal
542 studi memiliki kandungan air tersedia 30%. Sehingga aplikasi irigasi pada kedalaman akar
543 200 mm adalah 60 mm. Untuk 1 hektar lahan diperlukan volume air 600m³. Hal ini senada
544 dengan hasil penelitian Dioudis et al., (2009) menghasilkan interval pemberian air tanaman
545 jagung sebesar 9 hari sekali. Oleh karena itu volume air irigasi harus didapat dengan
546 semaksimal mungkin memanfaatkan sumber air permukaan. Bila hujan jatuh dengan

547 ketebalan 50 mm selama dua hari maka air yang bisa dipanen dalam 1 hektar adalah 0,1 m
548 x 10.000 m² = 1000 m³. Pemakaian irigasi pompa tidak ekonomis, sering dilakukan petani
549 pada saat tanaman memasuki fase pembungaan. Oleh karena itu penyusunan kalender
550 tanaman menjadi bagian penting dalam perencanaan pengairan di lahan kering, khususnya
551 untuk tanaman jagung. Irigasi biaya tinggi hanya layak untuk tanaman yang memiliki nilai
552 ekonomis tinggi, seperti tanaman cabe, strawberry dll.

553

554

555

IV. SIMPULAN DAN SARAN

556

557 Kemampuan komputer model BUDGET adalah mampu menduga dinamika air
558 tanah di zone perakaran tanaman, sekaligus juga menghitung kebutuhan air tanaman dan
559 menentukan interval pemberian air pada kondisi rill lapangan sesuai dengan kondisi curah
560 hujan yang ada. Oleh karena itu model ini baik digunakan untuk menyusun rencana
561 pengelolaan air dan jadwal tanam di lahan kering.

562 Pada kondisi iklim normal, hasil analisis menunjukkan bahwa pada kondisi tanam
563 musim hujan sampai musim pancaroba status air tanah menunjukan kondisi jenuh air dimana
564 pengaruh curah hujan sangat nyata meningkatkan kadar air tanah. Kondisi tersebut
565 menyebabkan lahan tidak perlu mendapat pengairan. Aplikasi pemberian air hanya
566 dilakukan bila petani melakukan penanaman di awal musim kemarau sampai musim
567 kemarau (Mei-Juli).

568 Pada kondisi iklim kering Elnino, hasil simulasi menunjukkan aplikasi irigasi tidak
569 diperlukan selama petani menanam tanaman di bulan Januari. Namun bila mulai tanam di
570 bulan Februari, maka irigasi harus sudah diberikan sejak pertengahan bulan Maret. Oleh
571 karena itu untuk mengantisipasi kekeringan harus disediakan sumber air dan sistem jaringan
572 mikro di lapangan. Interval irigasi hasil pemodelan adalah 10 hari sekali, dengan volume
573 air sebesar 600 m³/ha dan kondisi ini sejalan dengan hasil penelitian lapangan dari
574 beberapa peneliti. Pengaturan jadwal tanam menjadi bagian penting, untuk bisa
575 mengurangi jumlah aplikasi irigasi di lapangan.

576

577

DAFTAR PUSTAKA

578 Bakri dan Imanudin, M.S. 2012. Penggunaan BUDGET model untuk merancang Irigasi
579 Kalender Tanaman Jagung pada Tanah Tekstur Lempung Berpasir untuk Daerah
580 Iklim Palembang Jurnal Teknotan 6(2) 737-744.

- 581 Benoît S, Jérémie L, Pascal C., 2004. [Irrigation scheduling of confectionery groundnut](#)
582 [\(Arachis hypogaea L.\) in Senegal using a simple water balance model:](#)
583 [Agricultural Water Management Journal 67\(3\) 201-220.](#)
- 584 Doorenbos dan Pruitt, (1978) *dalam* Raes (1986). BUDGET A field water balance model.
585 Reference Manual. Faculty of Agricultural and Applied Biological Science
586 Institute for Land and Water Management. Katholieke Universiteit Leuven.
587 Belgium. 34 p.
- 588 Elzubeir, O.A., Abdelmoniem, E. M. 2011. Irrigation scheduling for maize (*Zea mays* L.)
589 under desert area conditions- North of Sudan: Agriculture and Biology Journal of
590 North America 2(4): 645-651 doi:10.5251/abjna.2011.2.4.645.651
- 591 Evans Robert; Cassel, D.K., Sneed, R.E. 1996. Soil, Water, And Crop Characteristics
592 Important To Irrigation Scheduling. Published by: North Carolina Cooperative
593 Extension Service. Publication Number: AG 452-1. Last Electronic Revision:
594 June1996 (KNS).
- 595 George, BA., S.A. Shende, S.A, Raghuwanshi, N.S. 2000. Development and testing of an
596 irrigation scheduling model: *Agricultural Water Management* 46 (2000) 121-136
- 597 Hillel, D. 1980. Applications of soil physics. Academic press, Inc (London) LTD, 385 p.
- 598 Ingman, M., M. V. Santelmann, and B. Tilt. 2015. Agricultural water conservation in
599 China: plastic mulch and traditional irrigation: *Ecosystem Health and Sustainability*
600 1(4):12. <http://dx.doi.org/10.1890/EHS14-0018.1>
- 601 Imanudin, M.S., and Susanto, R.H. 2005. The Use of Pedotransfer Function Function for
602 Simulating Computer Model (BUDGET) for Analysing Water Balance under Root
603 Zone: *National Journal of Tropical Soils*. 11(1).
- 604 Imanudin, M.S., Tambas. D. 2002. Penentuan jumlah dan waktu pemberian air irigasi
605 tanaman cabai melalui informasi data iklim, tanaman dan tanah: *Jurnal Agrista* (12)
606 1410-3389.
- 607 Imanudin, M.S., Susanto R.H., Zainudi A. 1997. Analisis kemampuan menahan air
608 beberapa contoh tanah sebagai dasar perencanaan irigasi di Sumatera Selatan.
609 ISBN No. 979-95242-0-2.
- 610 Imanudin, M.S., Susanto, R.H. 1995. Penggunaan kurva karakteristik kelembaban tanah
611 dan data iklim dalam perhitungan neraca air tanaman kedelai dan jagung. ISBN No:
612 979-95354-0-9.
- 613 Liu. C., Zhang.X., Zhang. Y. 2002. Determination of daily evaporation and
614 evapotranspiration of winter wheat and maize by large-scale weighing lysimeter and
615 micro-lysimeter. *Agricultural and Forest Meteorology*. 111(2) 109-120.
- 616 Muamar, Triyono, S., Tusi A., Rosadi, B. 2012 Analisis Neraca Air Tanaman Jagung (Za
617 Mays) di Bandar Lampung. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* 1 (1) 1-10.
- 618 Raes, D. 2002. BUDGET – a soil water and salt balance model. Reference manual.
619 Kathoilige Universiteit .Leuven, Department Land Management, Leuven, Belgium.
- 620 Shujing, Q. Sien Li., Shaozhong, K., Taisheng, D. Ling T., Risheng, D. 2016. Can the drip
621 irrigation under film mulch reduce crop evapotranspiration and save water under the
622 sufficient irrigation condition? *Agricultural Water Management Journal* 177 pages
623 128-137. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.06.022>
- 624 Songhao Shang , Xichun Li, Xiaomin Ma, Zhidong Lei . 2004. Simulation of water
625 dynamics and irrigation scheduling for winter wheat and maize in seasonal frost
626 areas. *Agricultural Water Management Journal* 68 (2004) 117–133.

- 627 Yoo, S.H Jin-Yong Choi, J.Y. Min-Won Jang, M.W. 2008. Estimation of design water
628 requirement using FAO Penman–Monteith and optimal probability distribution
629 function in South Korea. *Agricultural water management* 9 5 (2008) 845 – 853.
- 630 Zotarelli, L, Johannes M. Scholberg, Michael D. Dukes, Rafael Mun; oz-Carpena a, Jason
631 I. .Tomato yield, biomass accumulation, root distribution and irrigation water use
632 efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling.
633 *Agricultural water management* 9 6 (2009) 23 – 34.
- 634 Welde, K., Gebremariam. L.H. 2016. Effect of different furrow and plant spacing on yield
635 and water use efficiency of maize. *Agricultural Water Management*. 177 215-220.
636

Impacts of *El Niño* Climate Anomaly on Irrigation Scheduling of Maize Crop Using Budget Models under Tropical Climate Conditions

DOI: 10.18196/pt.2018.080.49-61

Momon Sodik Imanudin^{1*}, Bakri¹, Karimuddin Y¹, and P. Ratmini²

¹Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Sriwijaya University, Kampus Unsri Inderalaya
Jl. Palembang Prabumulih Km 32, Palembang, Indonesia, 30662

²Assessment Institutes for Agricultural Technology of South Sumatra

* Corresponding author, email: momon2001kh@yahoo.com.hk

ABSTRACT

The research aims to calculate the water requirement and irrigation interval of maize crop as well as to design water-efficient irrigation application system. The study was conducted on dry land of Palembang city of South Sumatra. The indicator crop used in this study was maize. Daily climate data were taken from Sultan Mahmud Badarudin and Kenten station. The research applied survey method, laboratory analysis, computer simulation and irrigation design. The calculation of water crop deficiency was done using empirical approach by multiplying the potential evapotranspiration value by crop coefficient. Soil water retention characteristic was recorded based on the calculation of the length of water available to plants. Daily rainfall in the field was recorded as water input other than water from irrigation. The combination of soil, climate and plant physiological properties (Agro-pedo-climatic) will result in a water irrigation system in a region. Water balance analysis was developed by the help of computer model (BUDGET model). The result of computer model analysis shows that maize crop in rainy season does not require irrigation. While for the transition period (March-May), irrigation is required for the flowering phase with a total water requirement of 76.5 mm. During dry season (May-July), irrigation is required with water requirement of 198 mm. Irrigation scheduling is set up 9 times with intervals every 7 days at the beginning of growth and 10 days at the middle and end. While the testing under dry climate conditions (*El Niño*) using rainfall data in 2015 indicates irrigation should be given since March and during planting period (May-August 2015) the irrigation should be applied 12 times with intervals every 5 days at the initial stage and 10 days during vegetative stage.

Keywords: Irrigation scheduling, Maize crop, Agropedoclimatic data, Budget model

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung kebutuhan air dan interval irigasi tanaman jagung serta untuk merancang sistem aplikasi irigasi hemat air. Penelitian dilakukan di lahan kering kota Palembang, Sumatera Selatan. Tanaman indikator yang digunakan dalam penelitian ini adalah jagung. Data iklim harian diambil dari Sultan Mahmud Badarudin dan stasiun Kenten. Penelitian ini menggunakan metode survei, analisis laboratorium, simulasi komputer dan desain irigasi. Perhitungan defisiensi tanaman air dilakukan dengan menggunakan pendekatan empiris dengan mengalikan nilai evapotranspirasi potensial dengan koefisien tanaman. Karakteristik retensi air tanah dicatat berdasarkan perhitungan panjang air yang tersedia untuk tanaman. Curah hujan harian di lapangan dicatat sebagai masukan air selain air dari irigasi. Kombinasi tanah, iklim dan sifat fisiologis tanaman (Agro-pedo-climatic) akan menghasilkan sistem irigasi air di suatu wilayah. Analisis neraca air dikembangkan dengan bantuan model komputer (model BUDGET). Hasil analisis model komputer menunjukkan bahwa tanaman jagung di musim hujan tidak memerlukan irigasi. Sementara untuk periode transisi (Maret-Mei), irigasi diperlukan untuk fase pembungaan dengan total kebutuhan air 76,5 mm. Selama musim kemarau (Mei-Juli), irigasi diperlukan dengan kebutuhan air sebesar 198 mm. Penjadwalan irigasi diatur 9 kali dengan interval setiap 7 hari pada awal pertumbuhan dan 10 hari di tengah dan akhir. Sementara pengujian dalam kondisi iklim kering (*El Niño*) menggunakan data curah hujan pada tahun 2015 menunjukkan irigasi harus diberikan sejak Maret dan selama periode tanam (Mei-Agustus 2015) irigasi harus diterapkan 12 kali dengan interval setiap 5 hari pada tahap awal dan 10 hari selama tahap vegetatif.

Kata Kunci: Penjadwalan irigasi, Jagung, Agropedoclimatic data, Model anggaran

INTRODUCTION

The need for domestic maize crop is continuously increasing. So far, the demand is quite high, especially for feed (poultry) ranging from 45 - 55%, so it is predicted that the national animal feed industry requires as much as 3.5 million tons of maize crop annually. The gap between imports and national production capability is still wide, although national production is also increasing. Therefore, the potential of domestic maize crop production should be improved. The problem is that the plants need water continuously to grow and to produce yield, while water supply from rain

is not available all month long. There are several months where farmers can't cultivate crops due to water deficit. This condition requires an effort to provide water from the outside through irrigation applications (Yoo et al., 2008).

Hook et al., (2001), states that irrigation scheduling is an important part in the preparation of water management strategies. Irrigation scheduling concerns on how much water is given and when it is given. Kumar et al. (2017) added that proper irrigation scheduling could create energy efficiency and support the green agriculture movement and green energy. The amount of water given is very dependent on the ability of the soil to store water and the ability of plants to absorb water in the plant zone. To be more effective and efficient in irrigation applications in dry land, micro irrigation technology is very appropriate (Imanudin et al., 1997). This micro irrigation applies irrigation given right in the plant's roots zones. Method of water delivery can be applied through drip irrigation, drip, bulk (micro spray) and mini-sprinkler.

Micro irrigation is a small water supply system for crops using low. In order to establish a micro irrigation system, it is necessary to get information about water source in the field and the distribution technology to be provided for water to plant root zone. Water balance is an interaction between land components consisting of soil, water (climate and hydrology) and plants (Imanudin, 2001, Imanudin and Tambas, 2002). Thus, land variable is very important as a growing medium that will determine the amount of water that can be stored and distributed. In this context, the important physical properties of soil necessarily known are texture, porosity, permeability, weight of content, infiltration and soil moisture characteristic curve (Imanudin and Susanto 1995).

Water management planning for dry land crops covers when and where cultivation is done, how

much water is needed, and when irrigation should be provided. The permafrost in the tropics lies in the limitations of the data. This information has not been available until now, so farmers often experience failure of crop cultivation because the plants experience water limitations during the growth period. The recommendation of irrigation scheduling system will be different for the types of plant, soil and local climatic conditions. Therefore, good planning should include land-climatic data components and plant aspects (Imandin and Tambas, 2002; Imanudin and Susanto, 2005). To facilitate farmers in irrigation applications, it is necessary to have practical guidance in the form of irrigation scheduling cards (Imanudin and Bakri 2012). The preparation of irrigation scheduling should be carried out on two different climatic conditions with several alternative soil types (Imanudin and Susanto, 2005). Through the help of computer model (BUDGET), then prediction of ground water level dynamics in plant root zone can be determined and then the irrigation scheduling system can be developed (Kenjabaev, 2013). Estimation of soil moisture content is an important part in irrigation planning. The main objective of irrigation is to ensure soil moisture conditions to meet the needs of plant evapotranspiration (Dhotre et al., 2017).

From the potentials and constraints previously mentioned, it is necessary to draft irrigation scheduling for maize crops in two climatic conditions (dry and wet) in South Sumatra. It is expected that from the computer simulation the efficiency of irrigation will be obtained since the water is given in the right amount and time, so that water saving efforts can be achieved. The study aims to determine the water requirements of maize crops and to make irrigation scheduling in sandy clay soil due to the influence of *El Niño* (dry) and *La Niña* (Wet) climate anomaly.

MATERIALS AND METHODS

This research was conducted at Soil Physics Laboratory of Soil Department, Faculty of Agriculture, Sriwijaya University. The type of soil texture used in this study is sandy clay. The duration of the study is one year in which computer simulation techniques utilize daily climate data from January to December 2016 for wet conditions and that from January to December 2015 for dry conditions as a result of *El Niño*.

The materials used in this research were data of climate, rainfall, and soil and the equipment used were the sample ring and soil drill. While data analysis of water balance was conducted using Excel computer spread sheet and computer model (BUDGET) (Raes, 2002).

The calculation of crop's water requirement was done using empirical approach by multiplying potential evapotranspiration value by plant coefficient. Soil water retention characteristics were made the basis for calculating the length of water available to plants. Daily rainfall in the field was recorded as water input other than water from irrigation (Imanudin and Susanto, 1995). The combination of soil, climate and plant physiological properties (Agro-pedo-climatic) will result in irrigation system in one region (Imanudin and Susanto, 2005). The research steps can be seen in Figure 1.

Groundwater retention was calculated using the pedotransfer function approach. The calculation steps are as follows (Imanudin and Tambas, 2002).

Estimation of groundwater retention

- Saturated groundwater status

$$\theta_{sat} = 0.332 - 7.251 * 10^{-4} (\% \text{ sand}) + 0.1276 \log_{10} (\% \text{ clay}) \quad [1]$$

where: θ_{sat} : saturated groundwater content (m^3/m^3); % sand : % sand fraction (mass%); % clay: clay fraction (mass%).

- Groundwater status field capacity

$$\theta_{\sigma=0 \text{ kPa}} = 0.4118 - 0.0030 (\% \text{ sand}) + 0.0023 (\% \text{ clay}) + 0.0317 (\% \text{ OM}) \quad [2]$$

$$\theta_{\sigma=3 \text{ kPa}} = 0.2576 - 0.0020 (\% \text{ sand}) + 0.0036 (\% \text{ clay}) + 0.0299 (\% \text{ OM}) \quad [3]$$

where: $\theta_{\sigma=0 \text{ kPa}}$: groundwater content (m^3/m^3) for potential matrix

$\theta_{\sigma=10 \text{ kPa}}$; $\theta_{\sigma=33 \text{ kPa}}$: groundwater content (m^3/m^3) for potential matrix

$\theta_{\sigma=33 \text{ kPa}}$ and % OM; percentage of organic matter content (% mass).

- Groundwater status at permanent wilting point

$$\theta_{wp} = 0.0260 + 0.0050 (\% \text{ clay}) + 0.0158 (\% \text{ OM}) \quad [4]$$

Where: % clay: the percentage of clay fraction, % OM: the percentage of organic matter content (% mass).

Calculation of water available to plant and readily available water

Water available to plants is water that is ready and easy to be absorbed by plant roots. This available water is water content that is in the condition of field capacity and permanent wilt point.

$$\text{Available water (\% volume)} = (\text{water content at field capacity } \theta_{\sigma=0 \text{ kPa}} - \text{water content at permanent wilting point } \theta_{wp}) \text{ \% volume} \quad [5]$$

For irrigation purposes, the plants should be watered before the groundwater level reaches permanent wilting point. This means that water is provided before the water is available. For most plants irrigation is given after 75% of available water is running out (Yoo et al., 2008). For plants

that are sensitive to drought, water is given when 50% of available water is running out. Analysis of crop water requirement, ground water balance, and design of plant irrigation scheduling

Water requirements of a plant can be defined as the amount of water required to meet the water loss through evapotranspiration (ET-plant) of healthy plant which is grown on a large plot of land with no soil constraints (soil moisture and soil fertility constraint) achieving potential full production under certain environmental conditions (Doorenbus and Pruitt, 1986; Zotareli et al., 2009).

The first step in calculating crop water requirement is calculating the potential evapotranspiration value. The potential evapotranspiration value (ET_o) is calculated using Penman-monteith's equation as follows:

$$\lambda E = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a C_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left[1 + \frac{r_s}{r_a} \right]} \quad [6]$$

where R_n is the net radiation value, G is the value of ground heat flow, (e_s - e_a) shows the gas deficit pressure in air, ρ_a is air density at constant pressure, c_p is specific heat value in air, Δ is the slope between the saturated vapor pressure corresponding to the temperature, γ is the constant value of psychrometry, r_s is sun radiation factor that has been corrected, and r_a is the value of solar radiation where the value is influenced by the latitude of a region.

The effect of plant characteristics on crop water requirements is given by the plant coefficient (k_c) which expresses the relationship between ET_o and ET crop (ET_{crop} = k_c ET_o). K_c values vary with plant species, plant growth phase, growing season, and weather conditions. The value of plant coefficient

can be seen in Table 8. Etc water requirements can be calculated based on the equation below:

$$\text{ET-plant (ETc)} = k_c \cdot \text{ET}_o \quad [7]$$

Water balance in the field is to show how much water is added and released as well as water which can be stored in the soil for a period of time (Hillel, 1980). Therefore, the water balance in the soil for a given period of time (Δt) can be expressed in the equation below:

$$\Delta S_L = P + I - \text{ET}_a - \text{QL} - R \quad [8]$$

Where ΔS_L is the change of water storage from the soil surface to a certain depth of L (root depth); P is rainfall; I is irrigation; ET_a is the actual evaporation; QL is the amount of water lost by drainage as a function of ground flux integration within the boundary area (L); and R is the surface flow.

The first step to determine irrigation scheduling is counting water available to the plant first. Equation 14 is to show how to calculate the value of available water.

$$\text{Available water (\% volume)} = (\text{Water content at field capacity } \theta_{w=0 \text{ kPa}} - \text{water content at permanent wilting point } \theta_{wp}) \text{ \% volume} \quad [9]$$

Water that is still able to be absorbed by plants from available water is known as readily available water. In the irrigation application plan, irrigation scheduling will be arranged for the condition where 40% of available water is running out.

$$\text{Readily available water (\% volume)} = 0,4 \times \text{available water (\% volume)} \quad [10]$$

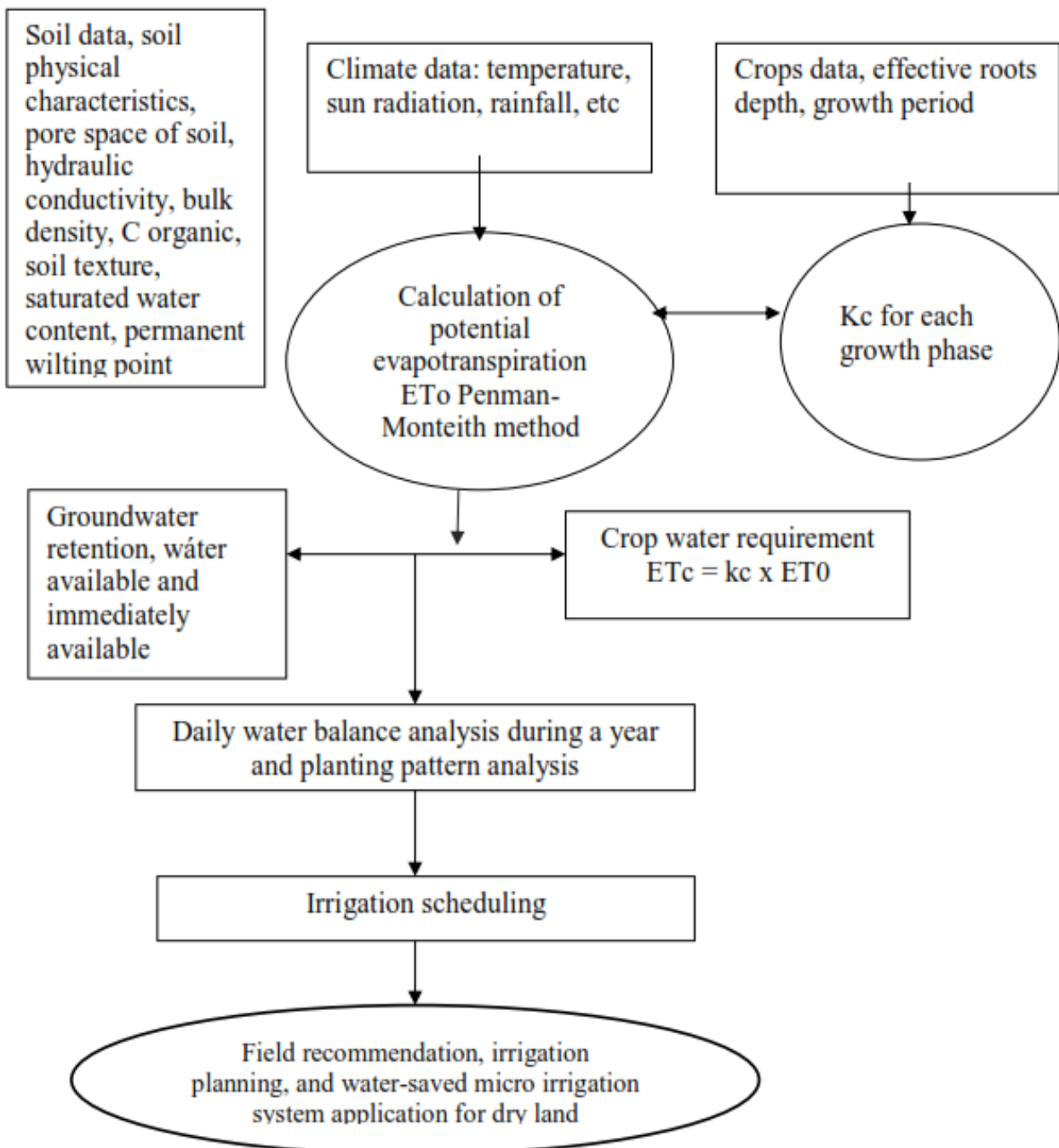


Figure 1. Chartflow of Research Steps (Bakri and Imanudin, 2012)

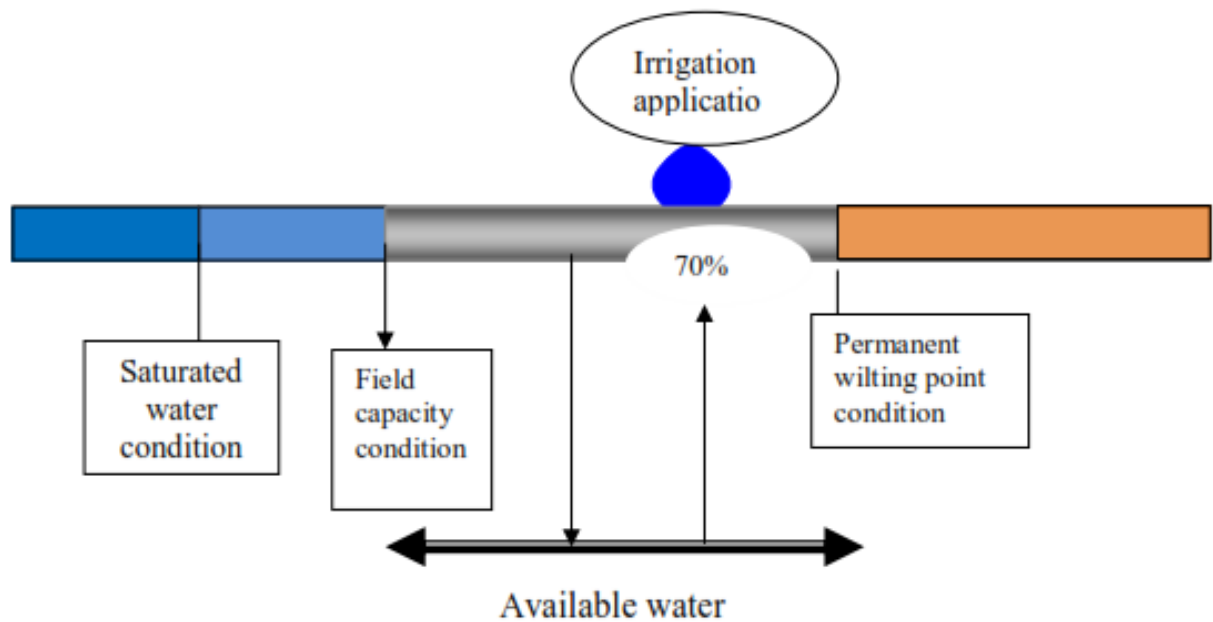


Figure 2. Illustration of irrigation applicartion concept as the basis of irrigation scheduling (Bakri and Imanudin, 2012)

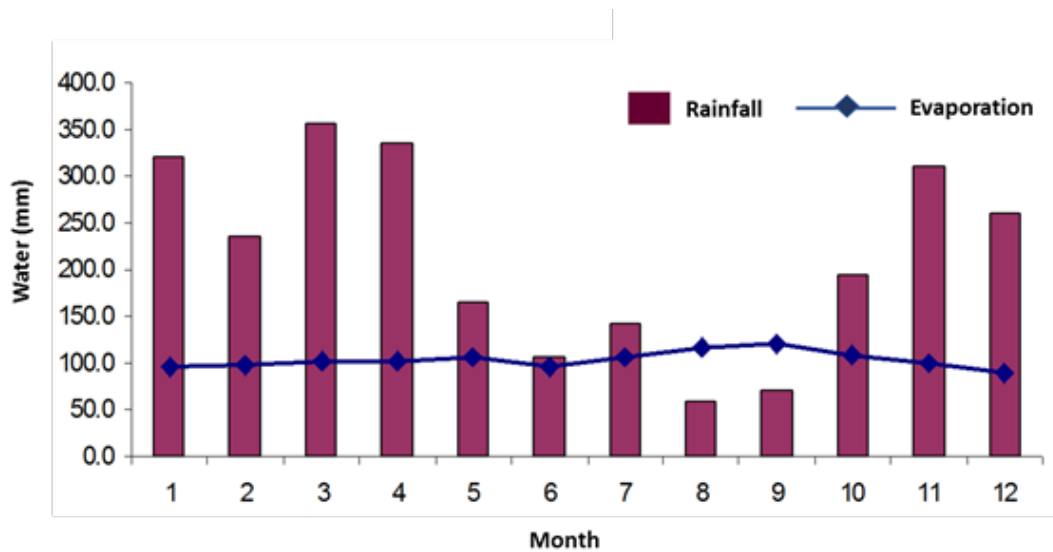


Figure 3. Relationship Between Rainfall and Monthly Potential Evapotranspiration

Illustration of the irrigation applications concept can be seen in Figure 2. Water is given before the available water runs out, usually given after 50-75% of available water is running out.

The characteristics of the plant are also important to know to calculate the water requirement of maize crops. The required data are the root depth and the coefficient value of the plant (kc). The value of coefficient of plant (kc) refers to the

results of research of Muamar et al. (2012) which mentioned that the value of the average coefficient in the initial, vegetative, flowering and aging phase are 1.26; 1.72; 1.66 and 1.02 respectively. In this computer simulation the root length was determined as long as 100 cm. This area is the main layer in which the process of water taking occurs through plant roots (Imanudin and Susanto, 2005).

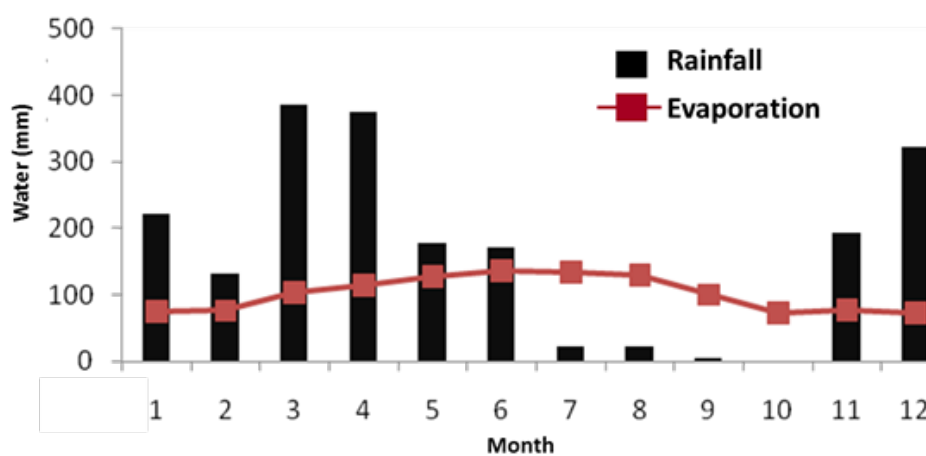


Figure 4. Relationship Between Monthly Rainfall and Potential Evapotranspiration Under Dry Condition in 2015

RESULTS AND DISCUSSIONS

Evaluation of water availability

Analysis of potential evapotranspiration under normal rainfall conditions shows that the evapotranspiration value is in the range of 3.1-3.9 mm / day or in the range of 90-120 mm / month. Meanwhile, monthly rainfall is ranged between 57-350 mm / month. There are conditions of several months where there is water shortage (water deficit) that is in August-September. Figure 3 shows the relationship between potential evapotranspiration and rainfall in 2016. Irrigation scheduling plan should have been provided if we will plant crops from May-September.

Analysis of water balance in climatic conditions experiencing the influence of *El Niño* phenomenon in 2015 (Figure 4) shows more dry months i.e. there are four months (July, August, September, and October). The length of the dry season was longer, so that in this condition, South Sumatra experienced extreme drought and also fire disaster. Therefore, water-efficient irrigation technology is needed in this condition, in addition to the use of mulch technology, to reduce evaporation.

Irrigation Scheduling under Normal Climate Condition

Plant irrigation should be given before the soil water level reaches permanent wilting point. This

means that water is given before the available water runs out. In most plants, irrigation is applied after 75% of available water is running out. For plants that are sensitive to drought, water is given when 50% of available water is running out (Dorenbos and Pruitt, 1986; Raes, 1986).

Some of the criteria needed in the irrigation scheduling system are soil moisture conditions and plant growth phases. The critical period occurs mainly in the early phases of plant growth and the start of the generative phase. The irrigation application should be concentrated on the depth of the plant parcels by calculating the depth between 0-40 cm. Irrigation should be applied when the groundwater content is present less than 70% of the field capacity (Songhao Shang et al., 2004).

The irrigation application (each application) is done by adding water to the plant root zone (micro irrigation) (Evan et al., 1996). Irrigation is given until the entire pore space of the soil is saturated, so the frequency of irrigation will become less frequent. This condition is simpler in water management since irrigation often makes farmers face difficulties.

Computer simulation using BUDGET model was done for three scenarios of planting time i.e. maize cropping in rainy season from January to April (2016); in the transition season from

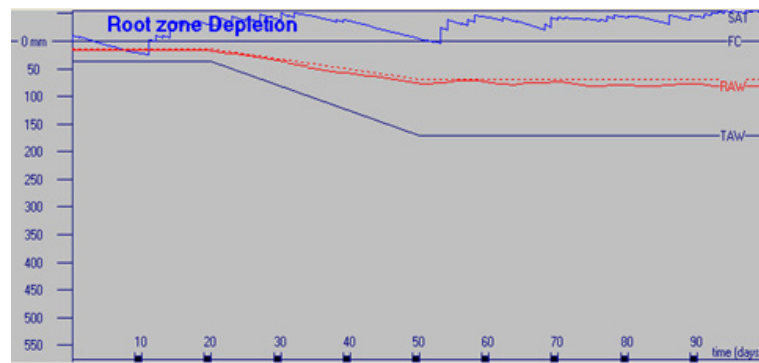


Figure 5. Analysis of Groundwater Dynamics in Rainy Season (January - April)

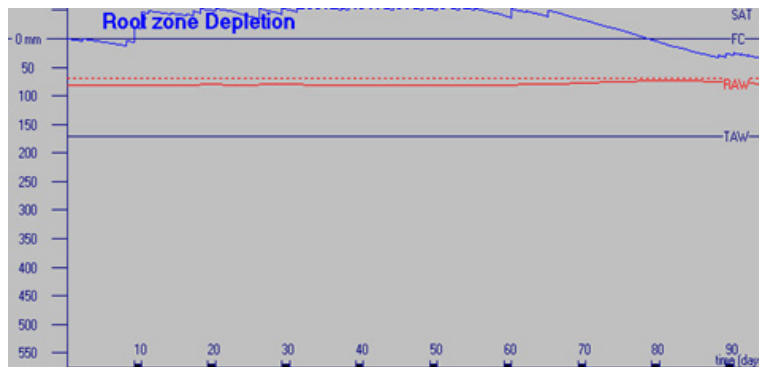


Figure 6. Analysis of Groundwater Dynamics in Transition Season (March - May)

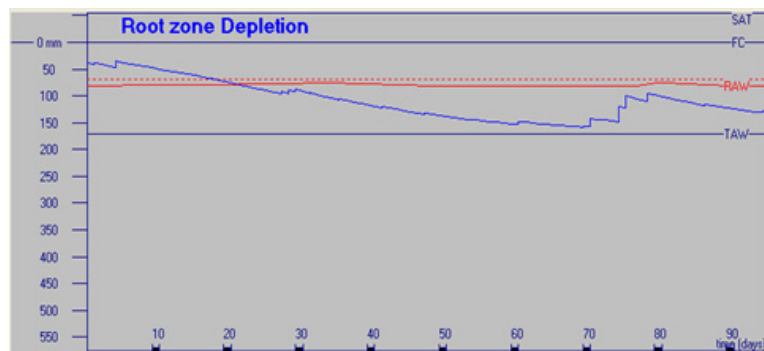


Figure 7. Analysis of Groundwater Dynamics in Early Dry Season (May - July)

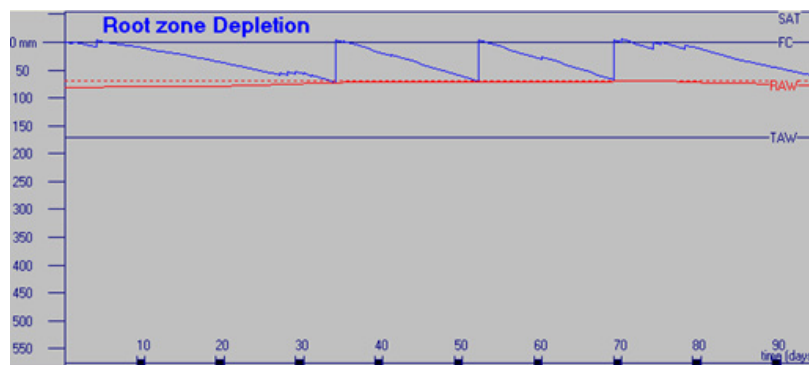


Figure 8. Condition of Groundwater Surface After Irrigation Application (May - July)

March-May and in the dry season from May-July. Provision of water through irrigation aims to make the groundwater directly reach the field capacity conditions. The results of crop water requirement analysis show that water demand increase frequently with the development of plants (extension of the roots), and decrease when the plants begin to be harvested.

Analysis of Irrigation Application under Rainy Season Scenario (January-April)

The result of groundwater status analysis using BUDGET model in rainy season (January-April) can be seen in Figure 5. Water balance analysis shows water condition during this period is likely in saturation condition, so at this time no irrigation application is needed.

The application of water management in this period (Figure 5) acts as drainage aiming to create groundwater conditions in the field capacity. This is because saturated ground water conditions (total pore space filled with water) more than 3 days can lead to reduced oxygen in the root zone resulting in plant mortality.

Analysis of Irrigation Application under Transition Season Scenario (March-May)

Analysis of groundwater dynamics during transition season (March-May) shows the same thing as that in the rainy season. Water supply from rain is quite a lot so that the groundwater is in saturated condition. Therefore, in this period there is no need for irrigation (Figure 6).

Analysis of Irrigation Application under Early Dry Season Scenario (May-July)

Analysis of water dynamics (Figure 7), shows the status of groundwater experiencing a real decrease where in the third week the groundwater passes the critical zone (passing the available water zone). This shows that water supply from rain is not

sufficient to meet evapotranspiration needs. Thus, in this season, the application of water (Irrigation) is required.

Based on Figure 7, it can be seen that the status of groundwater drops to a critical extent. This means plants need irrigation since the third week. Simulation results of water application can be seen in Figure 8. After planting in May, there is still enough rain in the early stages of growth so the plants do not need watering. The rain starts to rarely fall in the third week so the plants needs irrigation. Giving enough water is done three times every two weeks.

Analysis was then conducted under dry conditions or inside greenhouse assuming there is no rain. BUDGET computer calculation results show that maize crop water requirement in planting period when there is no rain is 321.2 mm (net irrigation). Under these conditions, irrigation applications are required in almost every phase of plant growth. Irrigation scheduling is performed 9 times with intervals every 7-10 days (Figure 9). This is in line with the research of Bakri and Imanudin (2012) stating that irrigation interval in the dry season with no rain requires the same application for sandy loam clay and sandy clay soil. The most influential factor is rainfall.

Based on Figure 9, it is clear that the interval of irrigation application is influenced by the growth phase of the plant and rainfall. During initial conditions, irrigation is applied every 10 days. Entering the phase of maximum growth, the crop water requirement increases so that the water supply interval is increased to every 7 days until generative growth. The water requirement decreases before the crop is ready for harvest and water is supplied every 10 days as in the initial conditions.

Soil in the study area is sandy clay soil with 47% total pore space meaning groundwater in saturated condition is 47%. So the soil ability to store water

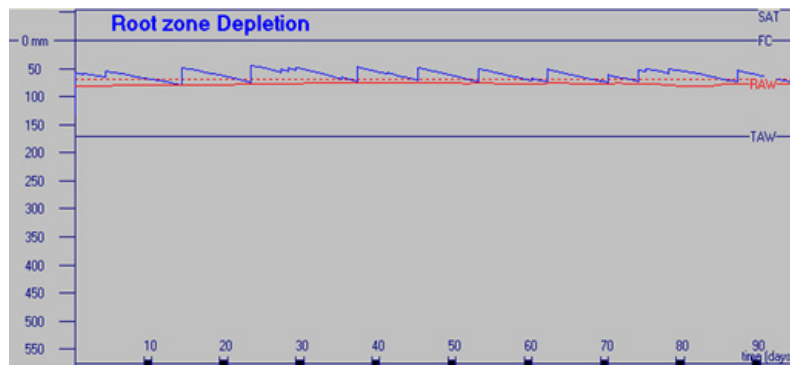


Figure 9. Groundwater Dynamics Under Irrigation Application During Planting Period (May-July)

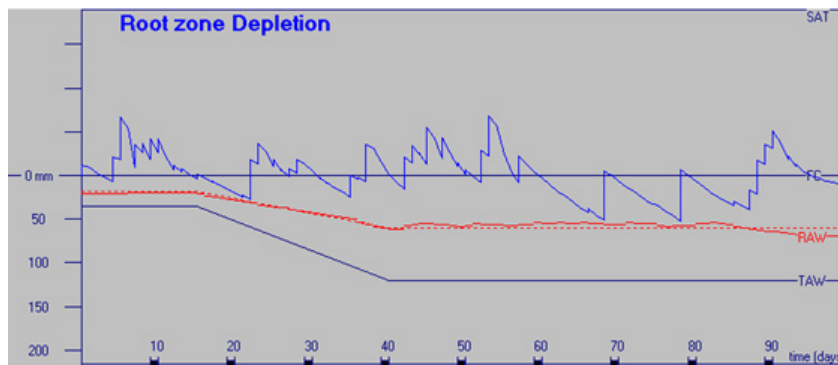


Figure 10. Irrigation simulation during March - June 2015

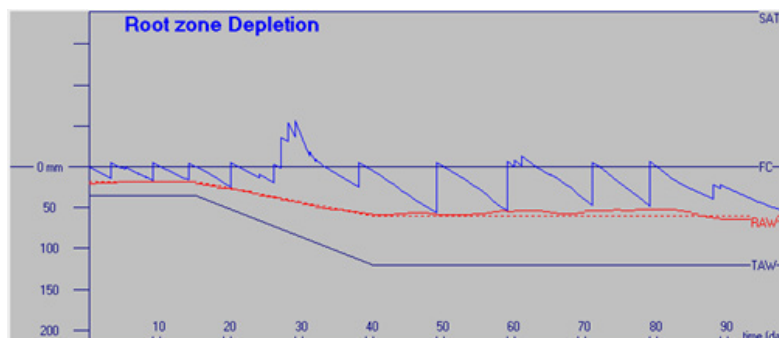


Figure 11. Irrigation scheduling simulation conducted in May - August

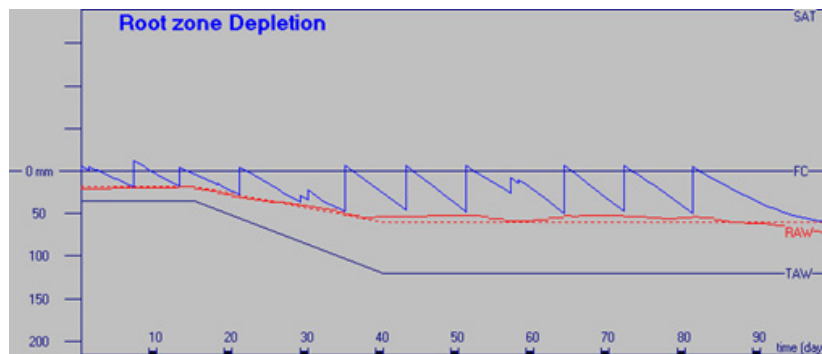


Figure 12. Irrigation scheduling simulation during June -September

for a root depth of 20 cm is as much $(47\% \times 200 \text{ mm}) = 94 \text{ mm}$. Water supply is done to make the soil condition is in field capacity. The moisture content of the field capacity is 32%, so to achieve this condition, water as much $(32\% \times 200 \text{ mm}) = 64 \text{ mm}$ is required. If irrigation has water efficiency of 75%, then 80 mm water is needed. Thus, the volume of water required in 1 hectare is $0.08 \text{ m} \times 10,000 \text{ m}^2 = 800 \text{ m}^3$ of water.

To reduce water losses from evaporation, water conservation efforts are needed. One of the most effective efforts is mulching. With mulch technology then ground water can be saved. Research on bulk irrigation using plastic mulch, irrigation water needs can be saving up to 24-26% (Ingman et al., 2015). In addition, the use of mulch is able to maintain soil moisture and temperature as well as to increase soil microbial activity (Shujing et al., 2016).

Irrigation Scheduling under Dry Climate Condition due to *El Niño*

Maize crops require an average water range of 423-450 mm in conditions without water deficit (Liu, 2002); and the amount of water provided depends on the method of irrigation and the type of soil texture. The maximum number of irrigation applications reaches 642mm (Welde et al., 2016); in accordance with Ezekie (2016) mentioning a range of 432 mm irrigation applications. For tropical area, Muamar et al. (2012) reported that the application of irrigation water for corn crops was 614mm.

Budget model simulation results show that under dry climate conditions in 2015, maize crops production requires irrigation. Irrigation should be given when the crop is cultivated starting in March. It is shown that on the 20th day the plant should start to be irrigated. The planting period March-June requires irrigation 5 times only (Figure 10).

On the contrary, under normal climatic conditions such as the rain conditions in 2016, planting period March-June does not require irrigation.

The next trials were conducted when maize crop cultivation is done in May and ended in August (Figure 11). This condition requires farmers to prepare a good micro irrigation system because almost whole growth phases rely only on irrigation due to lack of rainfall. Irrigation is administered as much as 11-12 times, with intervals once every 4-5 days during initial phase and once every 10 days during vegetative phase. This condition requires the land area to be close to the water source, so that irrigation can be done easily. In addition, it is necessary for water conservation effort to make irrigation application can be done on time in exact amount.

Similar conditions were experienced by farmers when planting the crops in June-September (Figure 12). In this period there is no rainfall, it is even the peak of the dry season. Thus, the crops cultivation totally depends on irrigation. It can be concluded that to deal with *El Niño* dry climate conditions, farmers must prepare irrigation facilities since March. Watering has to be given since April. Therefore, to save water then irrigation application must be combined with mulch usage.

During initial conditions, the interval of irrigation is every 10 days. Entering the maximum growth phase, crop water requirement increases so that water supply is also increased to every 7 days until generative growth phase. The crop water requirement decreases before the crop is ready for harvest, so that the interval of irrigation is also decreased to every 10 days. This condition is in line with the research of Elzubeir and Abdelmoniem (2011) mentioning that irrigation intervals every 10 days are capable of producing the highest production of maize crops. The interval of water supply and the volume of water that can be stored in the soil are strongly influenced by rainfall and soil

texture (Bakri and Imanudin, 2012). Under dry climate (*El Niño*), water is supplied more frequently i.e. 12 times and under normal climatic conditions it is supplied only 10 times.

Irrigation application is done when 75% of the available water runs out. The soil in studied area has available water content of 30%. So the irrigation application at root depth of 200 mm is 60 mm. One hectare of land requires 600 m³ of water volume. This is in line with the research of Dioudis et al. (2009) mentioning that interval of water supply for maize crops is every 9 days. Therefore, the volume of irrigation water must be obtained by maximizing the use of surface water sources. When rain falls with a thickness of 50 mm for two days then water that can be harvested in 1 hectare is $0.1 \text{ m} \times 10,000 \text{ m}^2 = 1000 \text{ m}^3$. The uneconomical pump irrigation is often used by farmers when the crops enter the flowering phase. Therefore, the arrangement of crop calendars becomes an important part in irrigation planning in dry land, especially for maize crops. High cost irrigation is only feasible for crops that have high economic value, such as chilies, strawberries etc.

CONCLUSION

The ability of BUDGET computer model is to predict the dynamics of groundwater in plant root zone, as well as to calculate the crop water requirement and determine the interval of water supply on the condition of the field in accordance with the existing rainfall conditions. Therefore, this model is well used to develop water management plan and planting schedule in dry land.

In normal climate conditions, the results of the analysis show that from rainy season planting conditions until the transition season the status of ground water reaches saturated condition in which the influence of rainfall significantly increases the ground water content. These conditions cause the

land not need irrigation. Irrigation is only done when farmers do the planting in the early dry season until dry season (May-July).

In *El Niño* dry climate conditions, the simulation results show that irrigation applications are not needed during the crops cultivation in January. However, if the planting starts in February, irrigation should be given since mid March. Therefore, to anticipate the drought, water source and micro network system should be provided in the field. The modeling irrigation interval is 10 days, with a water volume of 600 m³ / ha and this condition is in line with the field research results from several researchers. Setting the planting schedule becomes an important part to reduce the number of irrigation applications in the field.

REFERENCES

- Bakri dan Imanudin, M.S. 2012. Penggunaan BUDGET model untuk merancang irigasi kalender tanaman jagung pada tanah tekstur lempung berpasir untuk daerah iklim Palembang. *Jurnal Teknotan* 6: 737-744.
- Benoit S, L. Jérémie, and C. Pascal, 2004. Irrigation scheduling of confectionery groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in Senegal using a simple water balance model. *Agricultural Water Management Journal* 67: 201-220.
- Doorenbos and Pruitt. 1978 In: Raes. 1986. BUDGET: A field water balance model. Reference Manual. Faculty of Agricultural and Applied Biological Science Institute for Land and Water Management. Katholieke Universiteit Leuven. Belgium. 34 p.
- Elzubeir, O.A., and E. M. Abdelmoniem. 2011. Irrigation scheduling for maize (*Zea mays* L.) under desert area conditions. *North of Sudan: Agriculture and Biology Journal of North America* 2: 645-651 doi:10.5251/abjna.2011.2.4.645.651
- Evans, R., D.K. Cassel, and R.E. Sneed. 1996. Soil, water and crop characteristics important to irrigation scheduling. Published by: North Carolina Cooperative Extension Service. Publication Number: AG 452-1. Last Electronic Revision: June 1996 (KNS).
- George, B. A., S.A. Shende, and N.S. Raghuvanshi. 2000. Development and testing of an irrigation scheduling model. *Agricultural Water Management* 46:121-136
- Hillel, D. 1980. Applications of soil physics. Academic press, Inc (London) LTD, 385 p.
- Ingman, M., M. V. Santelmann, and B. Tilt. 2015. Agricultural water conservation in China: plastic mulch and traditional irrigation. *Ecosystem Health and Sustainability* 1:12. <http://dx.doi.org/10.1890/EHS14-0018.1>
- Imanudin, M.S. and R.H. Susanto. 2005. The use of pedotransfer function for simulating computer model (BUDGET) for analysis

- ing water balance under root zone: National Journal of Tropical Soils. 11p
- Imanudin, M.S. and D. Tambas. 2002. Penentuan jumlah dan waktu pemberian air irigasi tanaman cabai melalui informasi data iklim, tanaman, dan tanah. *Jurnal Agrista* 12: 1410-3389.
- Imanudin, M.S. R.H. Susanto, and A. Zainudi. 1997. Analisis kemampuan menahan air beberapa contoh tanah sebagai dasar perencanaan irigasi di Sumatera Selatan. ISBN No. 979-95242-0-2.
- Imanudin, M.S., and R.H. Susanto. 1995. Penggunaan kurva karakteristik kelembaban tanah dan data iklim dalam perhitungan neraca air tanaman kedelai dan jagung. ISBN No: 979-95354-0-9.
- Liu, C., X. Zhang., and Y. Zhang.v2002. Determination of daily evaporation and evapotranspiration of winter wheat and maize by large-scale weighing lysimeter and micro-lysimeter. *Agricultural and Forest Meteorology*. 111: 109-120.
- Muamar, S. Triyono, A. Tusi, and B. Rosadi. 2012 Analisis neraca air tanaman jagung (*Zea mays*) di Bandar Lampung. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* 1: 1-10.
- Raes, D. 2002. BUDGET – a soil water and salt balance model. Reference manual. Kathoilike Universiteit .Leuven, Department Land Management, Leuven, Belgium.
- Shujing, Q., L. Sien, K. Shaozhong, D. Taisheng, T. Ling, and D. Risheng. 2016. Can the drip irrigation under film mulch reduce crop evapotranspiration and save water under the sufficient irrigation condition? *Agricultural Water Management Journal* 177: 128-137.<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.06.022>
- Songhao Shang, L. Xichun, M. Xiaomin, and L. Zhidong. 2004. Simulation of water dynamics and irrigation scheduling for winter wheat and maize in seasonal frost areas. *Agricultural Water Management Journal* 68: 117-133.
- Yoo, S.H., Jin-Yong, J.Y. Choi, M.W. Min-Won Jang. 2008. Estimation of design water requirement using FAO Penman-Monteith and optimal probability distribution function in South Korea. *Agricultural water management* 95: 845 – 853.
- Zotarelli, L, J. M. Scholberg, M. D. Dukes, Rafael Mun; oz-Carpena a, Jason I. 2009. Tomato yield, biomass accumulation, root distribution and irrigation water use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. *Agricultural water management* 96: 23 – 34.
- Welde, K. and L.H. Gebremariam. 2016. Effect of different furrow and plant spacing on yield and water use efficiency of maize. *Agricultural Water Management*. 177: 215-220.