



# masalah kita

## PENGGUNAAN MODEL PERTUMBUHAN DAN HASIL PRODUKSI TANAMAN BERIRIGASI DI DAERAH IKLIM HUJAN MUSON TROPIS : STUDI KASUS TANAMAN KEDELE DI DIY \*)

Oleh : Suprodjo \*\*)

### Pengantar

Model pertumbuhan produksi dan pemakaian air tanaman telah banyak dikembangkan di negara-negara berkembang. Menurut Slabbers dkk. (1979) model-model semacam itu kurang lebih ada 25 buah dan telah berhasil dipakai secara baik untuk menaikkan efisiensi irigasi. Diantaranya model untuk tanaman cantel (Howell dan Hiler, 1975), tanaman jagung, barley, wheat, kedele dan alfalfa (Hill dkk., 1980) (Slabbers dkk, 1978) Minhos dkk, 1974).

Beberapa model produksi dan pemakaian air untuk tanaman padi sawah di daerah tropika humida telah dibuat, antara lain oleh van Keulen (1976), Angus dan Zandstra (1980), serta Stansel dan Fries (1980). Oleh karena terbatasnya sarana yang tersedia, maka model produksi dan pemakaian air untuk tanaman padi sawah tersebut belum dapat "diterjemahkan" sebagai petunjuk praktis pelaksanaan irigasi di Indonesia.

Suatu model pertumbuhan-produksi dan pemakaian air tanaman kedele

(*Glycine max* (L.) Merrill) dikembangkan untuk dapat dipakai dalam penyempurnaan pemberian air irigasi di daerah beriklim hujan muson tropis. Tanaman kedele dipilih sebagai studi kasus karena tanaman ini merupakan tanaman yang sangat penting sebagai sumber protein nabati dan merupakan salah satu tanaman palawija yang terpenting di dalam pola tanam rotasi sistem padi sawah (rice-based cropping system)

Makalah akan menguraikan formula, struktur dan bentuk penerapan model untuk membantu menyusun kebijaksanaan saat tanam dan alternatif penjatahan air sesuai dengan hasil produksi yang diharapkan. Model di klarifikasi dan diverifikasi dengan percobaan lapangan yang dilaksanakan di Kebun Penelitian Pengembangan Pertanian UGM, Kalitirto, Yogyakarta. Lahan Kebun percobaan mencirikan daerah beriklim hujan muson tropis, bertanah regosol abu vulkanis, dan merupakan salah satu lahan sawah beririgasi, dengan tanaman kedele sebagai bagian pola pergiliran tanam.

\*) Makalah disampaikan dalam Pertemuan Ilmiah Penerapan Analisis Sistem di Bidang Pertanian di Ciawi, Bogor, 22 Maret 1983.

\*\*) Staf Pengajar Jurusan Mekanisasi Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

### Formulasi Model

Model pertumbuhan-produksi dan kebutuhan air tanaman kedele dikembangkan atas dasar asumsi-asumsi berikut :

1. Selama pertumbuhan tanaman mencapai satu daur biologik penuh (mulai dari berkecambah sampai dengan masak). Asumsi ini mempunyai arti bahwa keadaan lingkungan (fisik, kimiawi dan biologik lahan) mampu untuk mendukung pertumbuhan tanaman.
2. Pengaruh cuaca selama pertanaman terhadap pertumbuhan tanaman dinyatakan dengan memakai konsep kalender fenologi dari Thornwaite (1953) dan Mather (1975).
3. Proses pertumbuhan tanaman merupakan suatu kepastian.
4. Nisbah (ratio) transpirasi aktual,  $T$ , terhadap potensial transpirasi,  $T_p$ , secara langsung mempengaruhi produksi tanaman. Hujan (presipitasi), air irigasi, evaporasi dan arainasi secara langsung akan mempengaruhi terhadap tersedianya air. Dengan demikian mereka akan secara tidak langsung mempengaruhi transpirasi dan hasil.
5. Hasil produksi yang diharapkan (expected) dari suatu luasan yang mempunyai kelengasan sama selama periode pertanaman, akan sama dengan hasil produksi yang diperoleh dari petak percobaan. Asumsi ini berarti bahwa nilai rata-rata produksi seluruh luasan diwakili dari hasil produksi sampel luasan.

Kalau  $Y_p$ , menyatakan produksi potensial tanaman di suatu satuan kawasan dengan pola budidaya yang tertentu. Pusosutardjo (1982) memperoleh formulasi model pertumbuhan produksi dan pemakaian air sebagai berikut :

$$\frac{Y}{Y_p} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{T}{T_p} \right)^{\lambda_i} \times SYF \times VGF \quad (1)$$

dengan

$$SYF = 1.0; \text{ bila } T \geq T_{pth} \quad (2a)$$

atau

$$SYF = (T/T_{pth}); \text{ bila } T < T_{pth}; \quad (2b)$$

selanjutnya

$$VGF = 1.0, \text{ bila } TRA \leq TR_{23} \leq TRB \quad (3a)$$

atau

$$VGF = TR_{23}/TRA, \text{ bila } TR_{23} < TRA \quad (3b)$$

atau

$$VGF = \ln(1.0 - TR_{23} + TRB + C) / \ln(1.0 + C); \quad (3c)$$

bila

$$TR_{23} \geq TRB.$$

$Y$  = hasil/produksi yang dicapai persatuan luasan.

$T$  = transpirasi aktual.

$T_p$  = transpirasi potensiil.

$i = 1,2,3,4,5,6$  fase pertumbuhan tanaman kedele, yaitu 1. perkecambahan; 2. pembungaan; 3. pembentukan polong; 4. pembentukan biji; 5. masak fisiologis dan 6. masak panen.

$SYF$  = faktor produksi musiman.

$T_{pth}$  = jumlah transpirasi selama pertumbuhan tanaman untuk menghasilkan  $Y_p$ .

$VGF$  = faktor vegetatif tanaman.

$TRA$  = nilai batas terendah jumlah transpirasi untuk memperoleh  $Y_p$ .

$TR_{23}$  = jumlah transpirasi aktual selama periode pembungaan dan pembentukan polong.

$TRB$  = nilai batas teratas jumlah transpirasi untuk memperoleh  $Y_p$ .

$\lambda_i$  = nilai konstanta imbalan berat.

Nilai  $T_{pth}$  untuk suatu daerah dengan lingkungan klimatik, tanah, jenis tanaman dan cara mempertumbuhkan tertentu merupakan nilai tunggal. Persamaan (2a) berlaku bila selama pertumbuhan tanaman kedele jumlah hujan dan hari hujan sedikit dan cukup tersedia air. Sebaliknya persamaan (3b)

akan terjadi bila selama pertumbuhan tanaman terjadi banyak hujan sehingga kurang energi surya untuk mencapai transpirasi maksimum. Hal ini berarti bahwa produksi kedele maksimum di daerah beriklim hujan muson tropis tercapai bila cuaca selama pertumbuhan tanaman "kering", tetapi tersedia cukup air.

Persamaan (3a) menyatakan pengaruh yang khas dari tingkat kekurangan air dari tanaman kedele. Ternyata kedele akan sangat peka terhadap kekurangan atau kelebihan air pada fase pertumbuhan ke-2 dan ke-3. Persamaan (3b) terjadi bila ada "betatan" (dry spell period) dan tidak tercukupi kebutuhan airnya, sedangkan persamaan (3c) terjadi bila selama fase pertumbuhan ke-2 dan ke-3 terlalu banyak hujan. Jadi hujan di daerah hujan muson tropis akan mempengaruhi hasil produksi kedele melalui dua jalan : mengurangi tercapainya transpirasi total maksimum dan mempengaruhi tercapainya batas optimal transpirasi selama fase pertumbuhan pembungaan dan pembentukan polong. Hubungan antara TR23, TRA dan TRB dapat disajikan seperti dalam Gambar 1.

Verifikasi dan kalibrasi Persamaan (1) s/d (3c) memperoleh nilai  $Y_p = 20$  kw/ha,  $T_{pth} = 129$  mm,  $\alpha = 0,90$ ,  $TRA = 13$ mm,  $TRB = 88$  mm, dan  $C = 0,68$ . Dengan demikian Persamaan (3c) menjadi :

$$VGF = 0,519 \ln (2,38 - TR23); \quad \text{bila } TR23 > 0,7 \quad (4)$$

Selanjutnya bentuk akhir model yang sesuai adalah :

$$Y/Y_p = (T/T_p)^{2,0} \times (T/T_p)^3 \times SYF \times VGF \quad (5)$$

Nilai transpirasi aktual dalam model diperoleh dengan mempertimbangkan tingkat kelengasan tanah yang ada melalui persamaan-persamaan berikut :

$$T_p = kct \times E_{tr} \quad (6)$$

dan

$$T = (T_p/0,5) \times SWS/AWS; \quad \text{bila } SWS/AWS < 0,5 \quad (7a)$$

atau

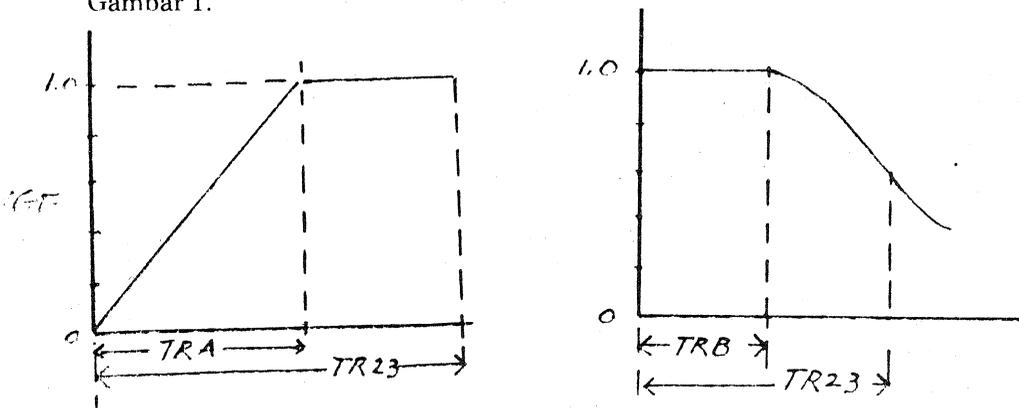
$$T = T_p; \quad \text{bila } SWS/AWS > 0,5 \quad (7b)$$

Kemudian

$$E = E_p / (Nt - 1); \quad (8)$$

dengan

$$E_p = ks E_{tr} \quad (9)$$



Gambar 1.

Hubungan antara TR23, TRA dan TRB.

$E_{tr}$  = acuan nilai potensial evapotranspirasi tanaman.

SWS = tingkat kelengasan tanah yang tersedia.

AWS = jumlah lengas tanah yang tersedia bagi tanaman.

$E$  = evaporasi aktual

$E_p$  = evaporasi potensial.

$t$  = tenggang waktu (hari), setelah tanah tersebut dibasahkan.

$N$  = tetapan laju pengeringan tanah, untuk tanah regosol abu vulkanis,  $N = 1,8$ .

$k_{ct}$  = faktor transpirasi tanaman.

$k_s$  = faktor evaporasi tanah, dianggap  $k_{ct} + k_s = 1,0$  dengan  $k_s = 0,08$ .

Untuk menyesuaikan dengan keadaan lingkungan iklim hujan muson tropis, yang memungkinkan tanaman kedele ditanam setiap saat sepanjang tahun, maka faktor  $k_{ct}$  dinyatakan sebagai fungsi dari satuan indeks tanaman (UCI). UCI merupakan nilai yang harus dicapai oleh tanaman untuk sampai pada fase pertumbuhan tanaman tertentu. Pusposutardjo (1982), merumuskan UCI sebagai :

$$UCI = CDEX_{Sj} / CDEX_M, \text{ untuk } UCI \geq 0 \quad (10)$$

dan

$$CDEX_{Sj} = \left( \sum_{t=0}^{Sj} (R_s)_t \right) / \left( \sum_{t=0}^{Sj} (T_{av})_t + \left( \sum_{t=0}^{Sj} (T_{min})_t \right)^n \right) \quad (11)$$

$CDEX_{Sj}$  = nilai index tanaman sampai dengan fase  $Sj$ , tidak berdimensi.

$R_s$  = radiasi matahari yang sampai dipermukaan,  $cal/cm^2$

$T_{av}$  = nilai suhu rata-rata harian,  $^{\circ}C$ .

$T_{min}$  = suhu minimum harian,  $^{\circ}C$ .

$CDEX_M$  = nilai index tanaman saat panen.

$n$  = nilai tetapan, untuk Yogyakarta dan sekitarnya  $n = 0,7$ .

Hubungan  $k_{ct}$  dengan UCI dicantumkan pada Gambar 2. Nilai index tanaman untuk kedele varietas ORBA dicantumkan dalam Daftar 1.

Untuk memperoleh neraca air yang dinamik sesuai dengan pertumbuhan tanaman, kedalaman efektif akar dinyatakan pula sebagai fungsi dari UCI. Dianggap bahwa pertumbuhan akar mengikuti kurva :

$$Rd(UCI) = 36 \times UCI^{0,788} \quad (11)$$

$Rd$  = kedalaman akar, cm.

Dengan demikian maka kedalaman perakaran (potensi penyimpanan air oleh tanah dan potensi penggunaan airnya) akan bebas dari faktor umur tanaman dan saat tanam.

### Struktur Model

Model diberi kode CRPSM, ditulis dalam bahasa komputasi FORTRAN IV. Elemen penyusun model (SUBROUTINE) terdiri 5 macam :

1. STSLDT = memuat informasi lokasi dan watak tanah yang berkaitan dengan daya penyediaan air bagi tanaman.

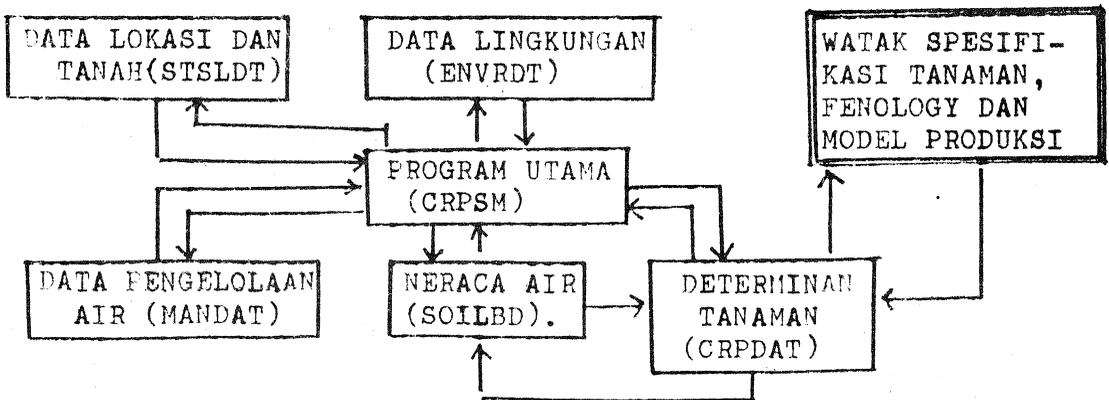
### Daftar 1. Nilai Index Tanaman Kedele

#### Varietas ORBA.

Fase pertumbuhan :	Nilai Index :
— Perkecambahan	57
— Pembungaan	109
— Pembentukan polong	139
— Pembentukan biji	162
— Masak fisiologik	197
— Masak panen	214

2. ENVRDT = memuat informasi tentang cuaca selama pertumbuhan dan menghitung evapotranspirasi potensiil. ENVRDT mempunyai 5 pilihan cara untuk menghitung evapotranspirasi, dengan metoda Penman, Jensen-Haise, Blaney-Criddle, Hargreaves, dan panci evaporimeter klas A.
3. CRPDAT = memuat informasi tentang jenis tanaman, potensi produksi, nilai index tanaman, menghitung koefisien transpirasi dan kedalaman akar yang efektif. CRPDAT juga memuat konstanta yang berlaku untuk menghitung produksi aktuil yang diharapkan dengan memakai hubungan fungsional antara pertumbuhan produksi dan pemakaian air seperti halnya pada Persamaan 1 s/d 3 c. Sampai saat sekarang CRPSM mampu menganalisa produksi 5 jenis tanaman : jagung, wheat, alfalfa: kesemuanya untuk tanaman daerah 4 musim, serta kedele dan kacang tanah untuk daerah beriklim hujan muson tropis.
4. MANDAT = memberikan informasi tentang cara pemberian air yang diinginkan. Ada tiga pilihan yang dapat ditangani oleh MANDAT yaitu :
  - a. penjatahan air dengan jumlah dan waktu yang tetap.
  - b. penjatahan air dengan jumlah berubah dan waktu tetap.
  - c. mencari waktu terbaik penjatahan dengan jumlah air yang tetap.
5. SOILBD = subroutine yang menghitung neraca air harian, musiman atau per fase pertumbuhan.

Kelima subroutine di koordinasikan oleh satu program utama. Cara ini dipilih agar model menjadi luwes untuk ditambah atau dikurangi sesuai dengan selera masing-masing yang menggunakan, dengan tidak memerlukan perombakan secara keseluruhan. Struktur organisasi model CRPSM seperti tercantum dalam Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Model CRPSM.

### *Penggunaan Model*

Untuk dapat memakai model maka diperlukan informasi lokasi, watak fisik tanah, potensial produksi dan watak biologik tanaman yang telah ada di suatu daerah dan data cuaca harian. Dengan menggunakan UCI, maka dapat ditentukan waktu perkembangan tanaman, fase demi fase, mulai dari saat tanam sampai dengan panen.

Berdasarkan data cuaca yang ada maka dapat pula ditentukan kemungkinan saat tanaman akan mengalami kekurangan air dan produksi yang akan dicapai bila tidak diberi air pengairan, sesuai dengan tanggal tanamnya. Dari kalender perkembangan tanaman dan kemungkinan kekurangan air serta produksi yang diharapkan maka dapat dipilih jadwal tanam terbaik. Demikian pula dapat ditentukan jadwal pemberian air yang diinginkan untuk memperoleh hasil produksi tertentu.

Suatu hal yang memudahkan penggunaan model CRPSM untuk penjadwalan air adalah watak UCI yang terduga (predic table) dengan tenggang 7 hari. Dengan mencocokkan tingkat perkembangan tanaman yang tampak di lapang dan mencocokkan nilai UCI, maka dapat dipakai untuk pengaturan kembali pemberian air irigasi 7 hari sebelumnya. Waktu yang tersedia 7 hari ini dipakai untuk persiapan pemberian airnya.

Uji coba model dengan produksi yang diamati selama 5 tahun (1976-1980), untuk daerah Istimewa Yogyakarta, menunjukkan kejituan model. Lampiran 1 s/d 3 menunjukkan gambar untuk penggunaan praktis model.

Perbedaan yang menyolok pada tahun 1976 terjadi karena model memakai nilai rata-rata produksi kedele yang di-

tanam antara bulan April-Mei, sedangkan petani melihat kenyataan tersedianya air. Bila air yang tersedia kurang, petani tidak berani mengambil resiko menanamnya.

### *Penutup*

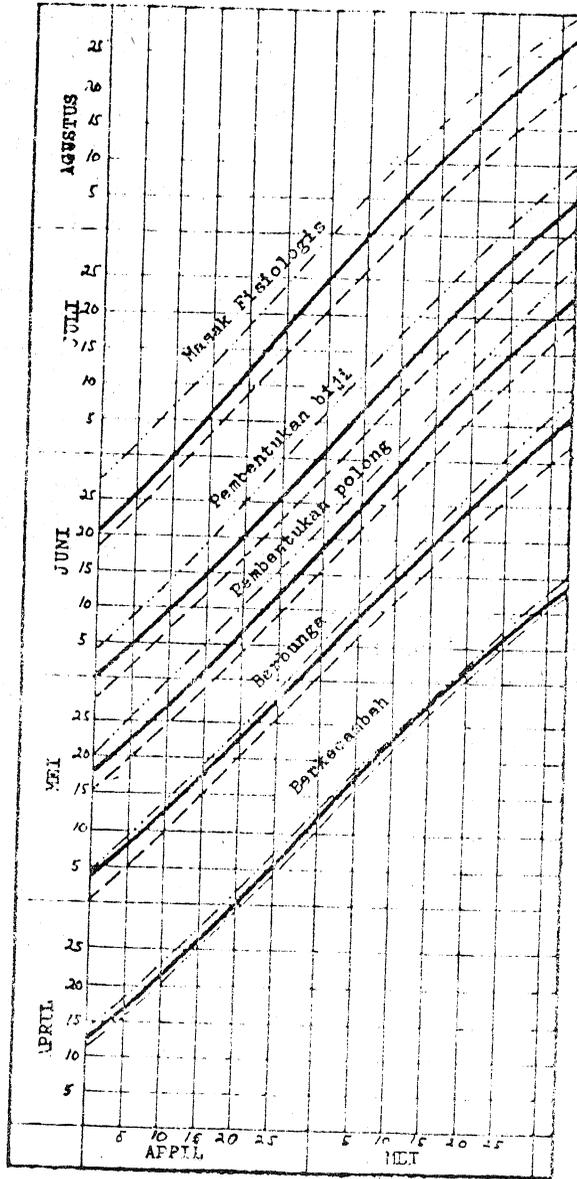
Model CRPSM menunjukkan bahwa pendekatan sistem sebetulnya mampu diterapkan untuk memperbaiki penjadwalan air. Dengan memakai cara sederhana model dapat diterapkan, meskipun ketepatan/keandalan hasil yang diperoleh masih kasar. Meskipun demikian usaha melalui ini dapat dimanfaatkan untuk dipakai sebagai titik awal pengembangan selanjutnya.

### *Daftar Acuan*

1. Angus, J.F., dan Zandstra, H.G. (1980). Climatic Factors and the Modeling of Rice Growth and Yield, *Proceedings of a Symposium on the Agrometeorology of the Rice Crop*, IRRI, Los Banos, hal. 189 - 200.
2. Hill, R.W., dkk. (1980). *Crop Yield Prediction Related to Transpiration*, Makalah Disimposiumkan pada Perkebunan Khusus Irrigation and Drainage Division. ASCE, 23 - 25 July 1980, Boise, Idaho.
3. Howel, T.A. dan Hiler, E.A. (1975). Optimization of Water Use Efficiency under High Frequency Irrigation-I. Evapotranspiration and Yield Relationship, *Transaction*, ASAE, Vol. 18, hal. 873 - 878.
4. Keulen, van H.C. (1978). Simulation of Influence of Climatic Factors

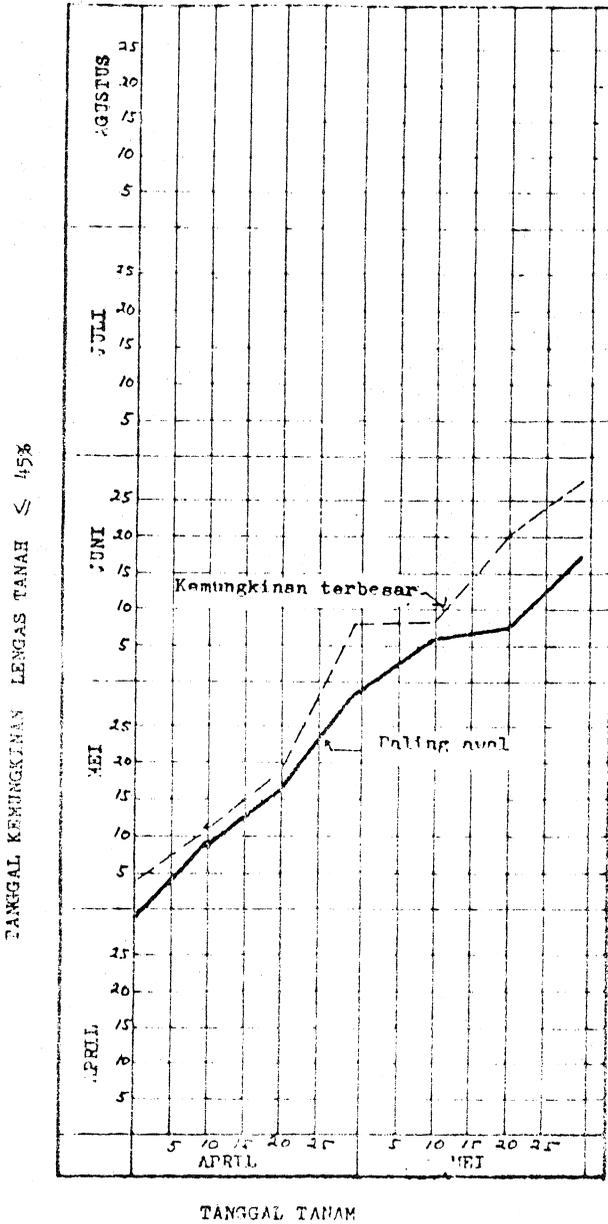
- on Rice Production, *Climate Change and Food Production*, K. Takahashi ed. University Tokyo Press, Tokyo, hal. 345 - 357.
5. Mather, J.R. (1975). *Climatology and Applications*, Mc. Graw-Hill Book Co, New York, 159 hal.
  6. Minhas, B.S., Parikh K.S. dan Srinivasan, T.N. (1974). Toward the Structure of a Production Function of Wheat Yields with Dated Inputs of Irrigation Water, *Water Resources Research*, Vol. 10, No. 3 hal. 383 - 393.
  7. Pusposutardjo, S. (1982). *Growth-Yield Model of Irrigated Soybean and Peanut in Tropical Monsoon Rainy Climate*, Disertasi disampaikan kepada Utah State University, (tidak dipublikasikan).
  8. Slabbers, P.J. dkk. (1979). Evaluation and Simplified Water Crop Yield Models, *Agricultural and Water Management*, Vol.2, hal. 95 - 129.
  9. Stansel, J.W., dan Fries, R.E. (1980). A Conceptual Agromet Rice Yield Model, *Proceedings of A Symposium on the Agrometeorology of Rice Crop*, IRRI, Los Banos, Laguna, Phillipines, hal. 201 - 212.
  10. Thornthwaite, G.W. (1953). Operations Research in Agriculture, *Journal of the Operation Research Society of America*, Vol. 1, No. 2, Febr., hal. 33 - 38.

TANGGAL TERCAPAINYA FASE PERTUMBUHAN

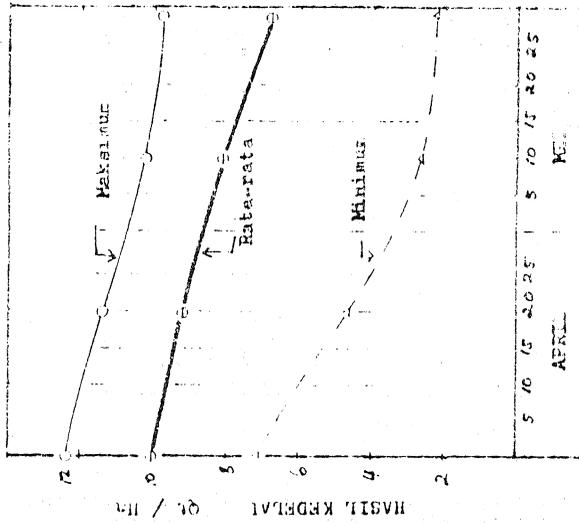


TANGGAL TANAM

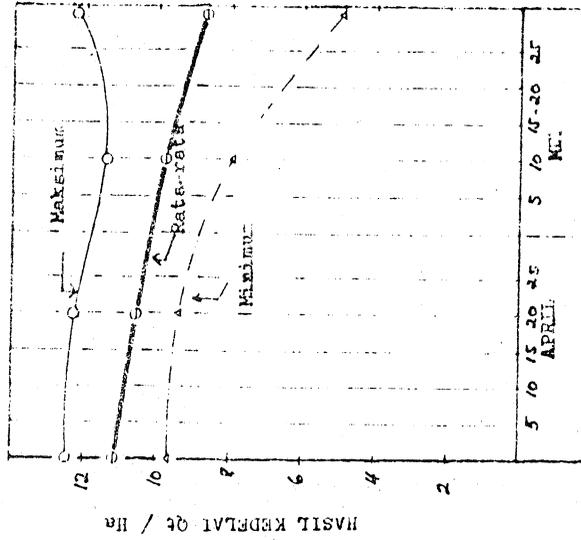
Lampiran 1 : Hubungan antara tanggal tanam dengan tanggal tercapainya fase pertumbuhan kedelai



Lampiran 2 : Hubungan antara tanggal tanam kedelai dan kemungkinan Lengas tanah terada di kurang 45% di Yogyakarta

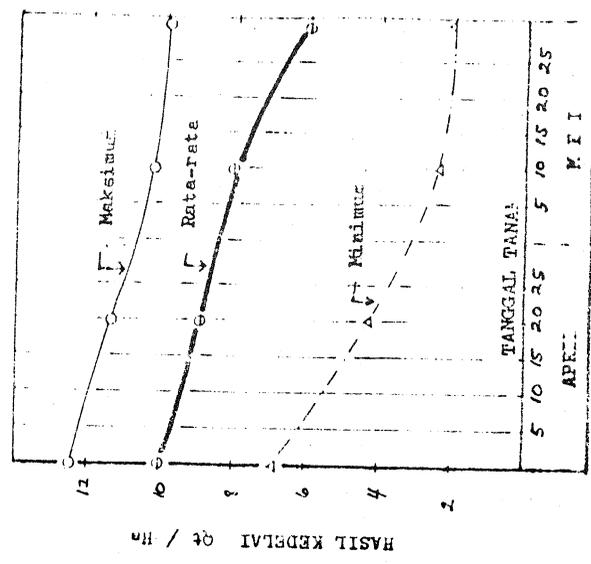


Lampiran 3 : Irigasi tipe 2. air disebarkan bersamaan 7 hari dimulai setelah berumur 30 hari & jatah padi

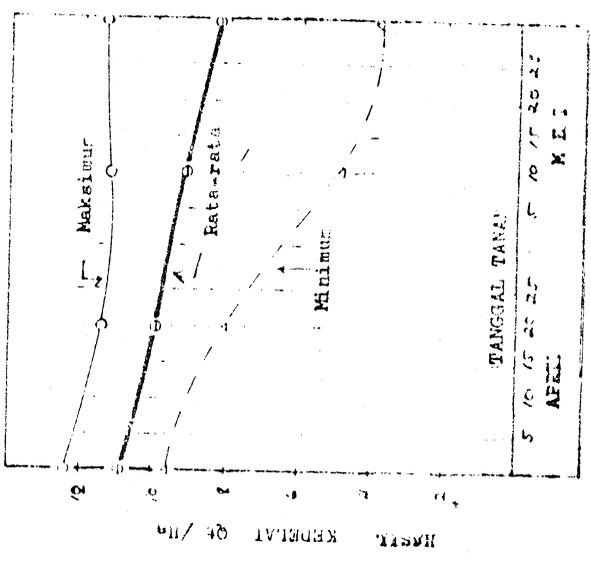


TANGGAL TANAI

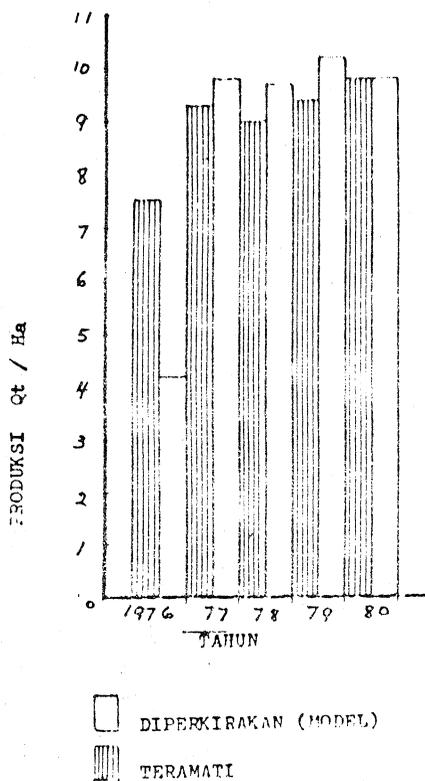
Irigasi tipe 1 : Selang pemberian 7 hari, jatah & padi, pemberian pertama setelah leung terasidasi 45%



Irigasi tipe 3; Jatah air 1 x jatah padi, diberikan 2x, 13 hari setelah berbunga dan 7 hari setelah pembentukan polong



Irigasi tipe 4, air irigasi diberikan 2x. Waktu berbunga dan pembentukan polong; jatah air 1 x jatah padi



Lampiran 4 : Perbandingan Antara Hasil Produksi Kedele menurut Model dan Yang Teramati Dengan Irigasi Tipe 2