

PENGGUNAAN METODE SATUAN PANAS UNTUK
MENENTUKAN UMUR JAGUNG (*Zea mays* L.)¹⁾
(THE USE OF HEAT UNITS IN DETERMINING
MATURITY OF CORN (*Zea mays* L.))

Oleh

Gazali Ismal, F. Rumawas dan J. Koswara²⁾

Abstract: Nine experimental IPB corn hybrids and one early maturing open pollinated variety (Genjah Madura HY-I) were planted at three different locations, with altitudes of 250, 540 and 1100 m above sea level. Growth stages and maturity were correlated with soil and air temperatures in an effort to use the heat unit summation method as a more reliable way of corn maturity classification.

Using the location series method with a randomized block design at each location, the obtained data were analyzed. There was a clear negative linear relationship between the number of heat units for the corn crop to reach maturity and altitude:

$$Y = 1\ 654.95 - 0.245 X \ (r = 0.95 \ **)$$

for all nine corn hybrids, and

$$Y = 1\ 405.66 - 0.314 X \ (r = 0.97 \ **)$$

for the early open pollinated variety.

Unless soil factors have played a dominant role, corn grown at different altitudes need different amounts of heat units to mature. Considering the decrease of heat units with increased elevation, it can be concluded that corn grown in the lowlands have been exposed to excessive heat for maximum production.

Although this experiment was not intended for yield comparisons of the different genotypes, it became that the corn grown at higher elevations did better. Furthermore a significant location genotype interaction was obtained, which indicates the possibilities for further increasing corn yield through breeding for location specific corn varieties.

1) Sebagian dari thesis Magister Sains penulis pertama pada FPS Institut Pertanian Bogor, 1981.

2) Staf pengajar pada Departemen Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang dan Institut Pertanian Bogor.

PENDAHULUAN

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan tahapan perkembangan tanaman secara praktis dan mudah dalam pelaksanaannya adalah metode jumlah panas (Iwata, 1979). Metode ini merupakan pendekatan antara agronomi dan klimatologi dengan cara melihat hubungan antara laju pertumbuhan dan perkembangan tanaman dengan akumulasi suhu rata-rata harian di atas suatu suhu dasar (Newman dan Blair, 1969). Di luar negeri metode ini disebut juga metode "heat unit" atau "growing degree days".

Menurut Newman (1971), Aspiazu dan Shaw (1972), peramalan tentang periode pertumbuhan tanaman jagung sangat menarik perhatian para peneliti terutama pemulia tanaman. Saat tanaman mengeluarkan bunga jantan dan betina perlu diketahui untuk melakukan persilangan buatan. Disamping itu produsen perlu pula peramalan, kapan tanamannya dapat dipanen. Hal ini sangat penting dalam meramalkan produksi dengan menggunakan metode "energy crop growth" (Coelho dan Dale, 1980). Oleh sebab itu metode penentuan umur dengan menggunakan satuan waktu (hari) di daerah beriklim sedang mulai ditinggalkan, karena sering kurang tepat disebabkan adanya keragaman suhu rata-rata harian setiap musim tanam. Keragaman tersebut akan menyebabkan jumlah hari tanaman mencapai suatu periode pertumbuhan dan kematangan tertentu beragam pula.

Penetapan kematangan varietas jagung di Indonesia sampai sekarang ditentukan dengan satuan waktu (hari). Keragaman suhu di daerah tropis disebabkan ketinggian yang berbeda dari permukaan laut. Umur jagung mempunyai korelasi positif dengan tinggi tempat dari permukaan laut (Djakamuhardja, dalam Slamet, 1973). Akibatnya satu varietas dapat dikatakan genjah, tengahan dan dalam, di tempat yang berbeda-beda. Cooper (1979) melaporkan bahwa jumlah satuan panas tanaman jagung berkorelasi negatif dengan tinggi tempat. Satari (1973) juga melaporkan hal yang sama dengan varietas-varietas jagung tropis di Indonesia.

Tujuan dari penelitian ini ialah untuk menentukan jumlah satuan panas beberapa hibrida dan varietas jagung pada berbagai tinggi tempat, sehingga dapat memberikan gambaran terhadap kemungkinan penggunaan

metode panas sebagai dasar pengklasifikasian umur kematangan jagung di Indonesia dan untuk menjajaki kemungkinan adanya interaksi genotipe jagung dengan tinggi tempat.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan antara bulan Mei sampai Oktober 1980 di Kebun Percobaan IPB yang terletak di tiga tempat yang berbeda ketinggiannya yaitu: Cikarawang (Darmaga) dengan ketinggian 250 m, Sukamandi (540 m) dan Pasir Sarongge (1 100 m).

Bahan tanaman terdiri atas sembilan hibrida jagung experimental hasil persilangan Dr Jajah Koswara, yang tetuanya berasal dari silangan Phil DMR-5 dengan Mexico I dan Phil DMR-5 dengan Bogor Composite-2; dan satu varietas bersari bebas Genjah Madura HY-I.

Dalam penelitian ini telah dilakukan serial percobaan, dengan tiga lokasi yang berbeda dan rancangan percobaan yang sama di setiap lokasi. Rancangan percobaan pada masing-masing lokasi adalah Rancangan Acak Kelompok, dimana sembilan hibrida dan satu varietas merupakan perlakuan dengan tiga ulangan. Jarak tanam adalah 1.0 x 0.5 meter. Pengapuran diberikan satu minggu sebelum tanam dengan dosis 4 ton/ha. Pupuk dasar yang diberikan adalah kotoran ayam sebanyak 5 ton/ha dan Urea, TSP serta ZK masing-masing 400, 400 dan 300 kg/ha. Urea diberikan pada saat tanam sepertiga dosis, dan selebihnya setelah tanaman berumur satu bulan.

Perlakuan berupa sembilan hibrida dan satu varietas adalah: 15 x 2, 2 x 15, 2 x 16, 15 x 3, 18 x 2, 3 x 19, 16 x 13, 15 x 18, 15 x 19 dan Genjah Madura HY-I.

Di tiap lokasi dilakukan pengamatan utama yang meliputi (a) munculnya tanaman (emergence), (b) waktu berbunga jantan 50 persen, (c) waktu berbunga betina 50 persen, (d) waktu biji mencapai matang fisiologis dengan kriterium yang dikemukakan oleh Daynard (1972) yaitu terbentuknya lapisan hitam (black layer) 50 persen pada biji dan (e) suhu harian (udara dan tanah). Jumlah hari mencapai stadium

pertumbuhan yang diamati dikonversikan menjadi jumlah satuan panas dengan suhu dasar 10°C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah Satuan Panas (SP)

Satuan panas yang dibutuhkan oleh tanaman jagung, baik hibrida maupun varietas Genjah Madura, untuk saat muncul (emergence) mencapai waktu pembungaan 50 persen (jantan dan betina) serta mencapai kematangan fisiologis (black layer 50 persen) disajikan pada Tabel 1, 2 dan 3. Hubungan tinggi tempat dengan SP rata-rata sembilan hibrida dan varietas Genjah Madura dapat dilihat pada Gambar 1, untuk masing-masing periode/fase pertumbuhan tersebut.

Tabel 1. Jumlah Satuan Panas untuk Munculnya Tanaman Jagung di Tiga Tinggi Tempat

Table 1. Amount of Heat Units to Emergence of Corn at Three Elevations

Hibrida/ Varietas	Cikarawang (250 m)	Sukamantri (540 m)	Ps. Sarongge (1 100 m)	BNJ 0.05
15 x 2	102.60	67.42	60.13	
2 x 15	102.60	57.45	56.30	
2 x 16	102.83	81.93	56.30	
15 x 3	97.03	62.43	56.30	
18 x 2	97.03	62.43	60.13	26.01
3 x 19	91.47	62.43	56.30	
16 x 13	102.60	81.87	60.13	
15 x 18	91.47	62.43	56.30	
15 x 19	85.90	62.43	60.12	
HY - I	91.47	57.45	56.30	
BNJ 0.05	23.80			

Tabel 2. Jumlah Satuan Panas untuk Mencapai Bunga 50 Persen di Tiga Tinggi Tempat

Table 2. Amount of heat units to 50 percent flowering at three elevations

Hibrida/ Varietas	Cikarawang (250 m)	Sukamantri (540 m)	Ps. Sarongge (1 100 m)	BNJ 0.05
Bunga jantan (Tasseling)				
15 x 2	881.45	804.78	761.20	
2 x 15	841.97	800.17	751.30	
2 x 16	881.18	845.55	768.17	
15 x 3	881.45	823.15	778.17	
18 x 2	831.92	764.15	621.63	99.41
3 x 19	842.62	759.50	719.30	
16 x 13	859.52	818.53	778.17	
15 x 18	847.50	786.73	747.73	
15 x 19	836.28	777.73	747.67	
HY - I	705.82	639.03	584.37	
BNJ 0.05	90.96			
Bunga betina (Silking)				
15 x 2	903.52	837.03	767.80	
2 x 15	881.45	832.38	768.17	
2 x 16	886.93	871.05	771.50	
15 x 3	898.03	879.13	803.37	
18 x 2	870.12	800.17	741.20	111.18
3 x 19	886.88	818.53	764.63	
16 x 13	881.27	827.80	778.20	
15 x 18	875.60	813.92	751.30	
15 x 19	875.78	813.92	751.20	
HY - I	711.43	639.03	580.80	
BNJ 0.05	101.72			

Pengaruh interaksi antara tinggi tempat (lokasi) dengan hibrida dan varietas Genjah Madura, sangat nyata terhadap akumulasi SP untuk saat muncul, berbunga jantan 50 persen, berbunga betina 50 persen dan mencapai matang fisiologis (black layer 50 persen). Hal ini menunjukkan bahwa masing-masing hibrida dan varietas Genjah Madura memperlihatkan tanggapan yang berbeda terhadap lingkungan yang dicerminkan oleh tinggi tempat, terutama terhadap suhu rata-rata harian.

Hasil analisa lebih lanjut menunjukkan bahwa pada tinggi tempat yang sama, SP varietas Genjah Madura selain untuk saat muncul berbeda nyata dengan kesembilan macam hibrida jagung eksperimental, sedangkan perbedaan antar hibrida tidak nyata. Kenyataan tersebut menunjukkan pula adanya perbedaan tanggap terhadap suhu rata-rata harian. Hal ini disebabkan silsilah keturunan Genjah Madura jauh berbeda dengan hibrida jagung eksperimental. Heickel dan Musgrave (1962) melaporkan adanya keragaman genetik terhadap laju fotosintesis antar varietas dan hibrida kalau silsilahnya jauh berbeda.

Satuan panas yang dibutuhkan oleh hibrida dan varietas Genjah Madura untuk muncul ke permukaan tanah tidak berbeda nyata pada tinggi tempat yang sama, disebabkan yang lebih berperan terhadap munculnya tanaman bukanlah suhu udara, tetapi suhu tanah. Hal ini sesuai dengan pendapat Shaw (1955) mengenai hubungan antara suhu tanah dengan perkecambahan dan munculnya tanaman jagung. Dari pengamatan suhu tanah, ternyata bahwa suhu maksimum rata-rata antara tanaman sampai munculnya tanaman di Cikarawang, Sukamantri dan Pasir Sarongge masing-masing adalah 30.8° , 27.5° dan 23.5°C . Menurut Shaw (1955), tanaman akan muncul lebih cepat ke permukaan tanah, kalau suhu tanahnya mendekati optimum (21°C). Oleh karena suhu tanah di Cikarawang jauh lebih tinggi dari suhu optimum perkecambahan jagung, maka tanaman akan muncul terlambat dibandingkan dengan daerah lain. Kelambatan munculnya tanaman akan memperbesar jumlah panas yang diakumulasikan sehingga SP-nya jauh lebih tinggi (Tabel 1).

Satuan panas berbunga jantan 50 persen, berbunga betina 50 persen dan mencapai matang fisiologis (black layer 50 persen), antara

Cikarawang dan Pasir Sarongge berbeda nyata, tetapi tidak berbeda dengan Sukamantri. Antara Sukamantri dan Pasir Sarongge juga tidak berbeda nyata (Tabel 2 dan 3). Hal ini disebabkan suhu maksimum di Cikarawang berbeda di atas suhu udara optimum tanaman jagung dari muncul sampai keluarnya bunga dan dari keluarnya bunga sampai matang fisiologis ($26^{\circ} - 28^{\circ}\text{C}$). Shaw (1955) melaporkan bahwa tanaman jagung akan terlambat berbunga pada keadaan udara yang panas dan kering serta jauh di atas suhu optimumnya.

Tabel 3. Jumlah Satuan Panas untuk Mencapai Matang Fisiologis (black layer 50 persen)

Table 3. Amount of heat units to corn maturity (50 percent black layer)

Hibrida/ Varietas	Cikarawang (250 m)	Sukamantri (540 m)	Ps. Sarongge (1 100 m)	BNJ 0.05
15 x 2	1 624.25	1 498.07	1 405.10	
2 x 15	1 613.55	1 488.78	1 391.30	
2 x 16	1 613.55	1 598.07	1 412.00	
15 x 3	1 634.95	1 547.35	1 419.53	
18 x 2	1 613.55	1 470.48	1 391.30	
3 x 19	1 613.55	1 470.75	1 398.20	189.82
16 x 13	1 624.25	1 470.48	1 391.30	
15 x 18	1 624.25	1 452.45	1 391.30	
15 x 19	1 613.55	1 452.45	1 391.30	
HY - I	1 347.50	1 204.15	1 070.07	
BNJ 0.05	173.68			

Suhu udara maksimum rata-rata selama musim tanam di Cikarawang, Sukamantri dan Pasir Sarongge adalah 31.4° , 29.9° dan 24.5°C . Keadaan suhu yang demikian akan meningkatkan kebutuhan SP pada tinggi tempat yang lebih rendah, sehingga terlihat adanya korelasi negatif antara tinggi tempat dan kebutuhan SP (Gambar 1). Hal yang sama juga ditemukan oleh Satari (1973) dan Cooper (1979). Dengan demikian

tujuan penelitian untuk memperoleh suatu ukuran baku menentukan umur jagung yang berlaku di berbagai tempat tidak tercapai.

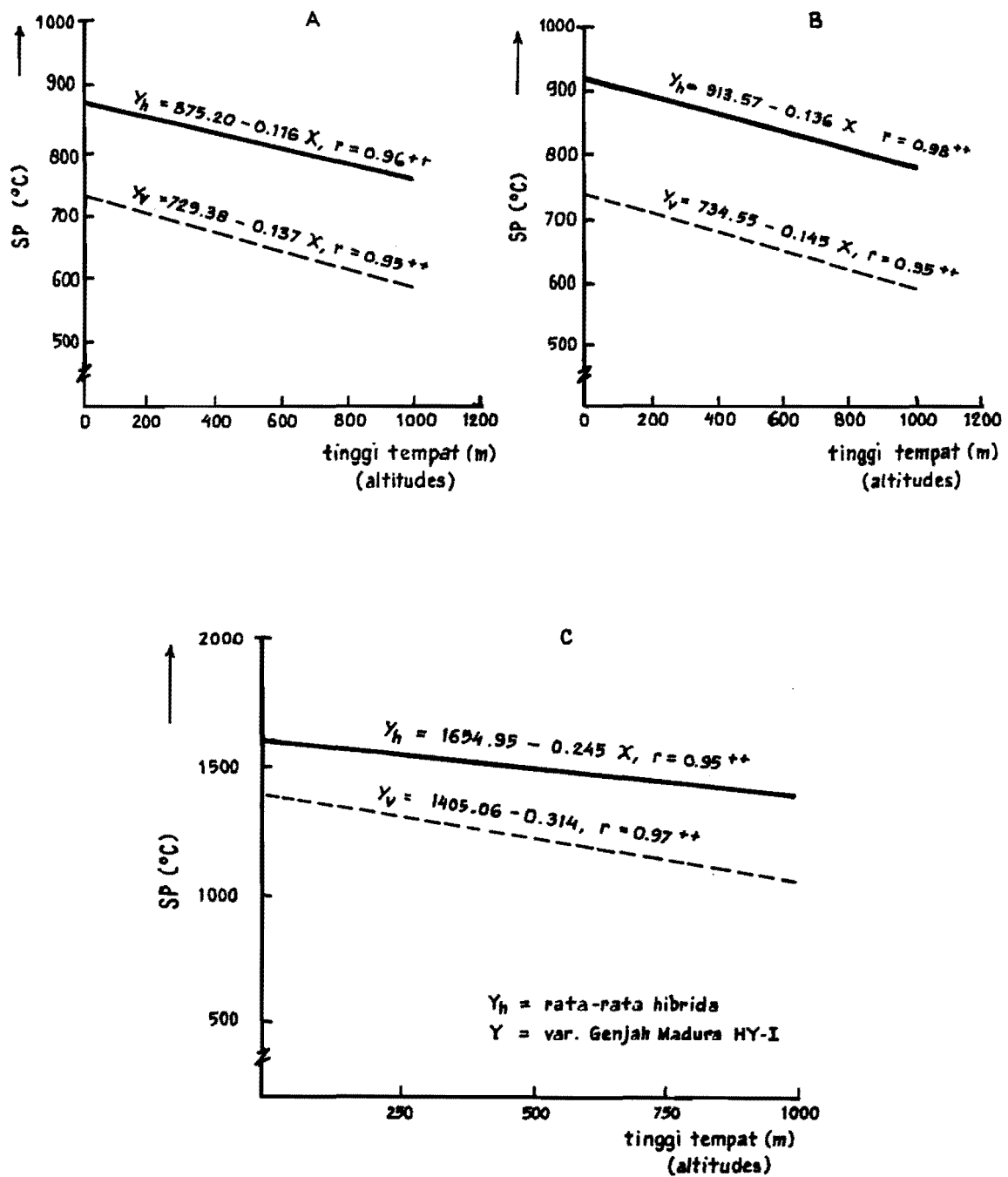
Pada Gambar 1, terlihat bahwa koefisien korelasi persamaan regresi pengaruh tinggi tempat terhadap jumlah SP saat mencapai tahap-tahap pertumbuhan seluruhnya lebih dari 95 persen. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah SP dengan tinggi tempat penanaman mempunyai hubungan yang sangat erat. Kebutuhan SP suatu genotipe pada tinggi tempat tertentu dapat diduga dengan persamaan regresi tersebut.

Walaupun terlihat bahwa SP jagung di Cikarawang lebih tinggi dibandingkan dengan di Sukamantri dan Pasir Sarongge, tetapi kalau dengan menggunakan metode satuan hari, maka tetap ditemui adanya korelasi positif antara tinggi tempat dengan umur tanaman, Umur tanaman untuk mencapai waktu berbunga jantan 50 persen, berbunga betina 50 persen dan matang fisiologis, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Umur Rata-rata Hibrida dan Varietas Genjah Madura untuk Mencapai Berbagai Periode Pertumbuhan

Table 4. Mean number of days after emergence for corn hybrids and Genjah Madura to reach different development stages

Hibrida/ Varietas	Cikarawang (250 m)	Sukamantri (540 m)	Ps. Sarongge (1 100 m)
Berbunga jantan 50 % (50 % Tasseling) hari (days)		
Hibrida	51.5	58.2	71.12
Genjah Madura	42.3	46.3	54.70
Berbunga betina 50 % (50 % Silking)			
Hibrida	53.2	60.7	72.5
Genjah Madura	42.7	46.3	54.3
Matang fisiologis (50 % Black layer)			
Hibrida	99.4	111.2	133.7
Genjah Madura	82.0	89.7	102.0



Gambar 1. Kurva Respons Jumlah Satuan Panas (SP) pada Saat Berbunga Jantan 50 Persen (A), Berbunga Betina 50 Persen (B) dan Matang Fisiologis (Black Layer 50 Percent) (C)

Figure 1. Response curves of heat units accumulated at tasseling (A), silking (B) and physiological maturity (50 percent black layer) (C)

Produksi

Angka-angka komponen produksi yang terdiri dari jumlah tongkol per batang, berat tongkol tanpa klobot dan berat pipilan kering di ketiga tempat dapat dilihat pada Tabel 5 dan 6.

Jumlah tongkol per batang tanaman jagung antar lokasi umumnya memperlihatkan perbedaan yang nyata. Angka tertinggi adalah di Sukamantri. Hal ini ada kaitannya dengan interaksi faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi keluarnya tongkol, di masing-masing tinggi tempat. Kenyataan ini sangat menarik untuk diteliti lebih lanjut.

Berat tongkol tanpa klobot jagung hibrida dan varietas Genjah Madura memperlihatkan korelasi positif dengan tinggi tempat. Ternyata bahwa angka-angka berat tongkol tanpa klobot pada jagung yang ditanam di Cikarawang dan Sukamantri tidak nyata perbedaannya, sedangkan antara Cikarawang dengan Pasir Sarongge dan Sukamantri dengan Pasir Sarongge berbeda nyata. Hal ini adalah sebagai akibat dari interaksi faktor-faktor luar terutama penyinaran matahari dan suhu malam. Ternyata suhu malam di Pasir Sarongge lebih rendah dibandingkan dengan Cikarawang. Suhu udara minimum yang lebih mencerminkan suhu malam rata-rata selama masa tumbuh di Cikarawang, Sukamantri dan Pasir Sarongge masing-masing adalah 21.2° , 16.7° dan 16.4°C .

Sangat tingginya berat tongkol tanpa kelobot di Pasir Sarongge adalah karena disamping suhu malam yang rendah juga akibat umur tanaman yang lebih panjang (Tabel 4), dibandingkan dengan Sukamantri dan Cikarawang. Dengan demikian penumpukkan fotosintat untuk pengisian biji akan lebih banyak. Secara visual juga terlihat bahwa pengisian biji pada tongkol-tongkol selain tongkol pertama di Pasir Sarongge lebih sempurna dibandingkan dengan di dua lokasi lainnya.

Adanya keragaman produksi di berbagai ketinggian tempat juga ditemukan di Kenya. Umumnya produksi akan meningkat dengan semakin tingginya tempat, selama faktor-faktor lain berada dalam keadaan normal (Cooper, 1979).

Tabel 5. Jumlah Tongkol Berbiji per Tanaman di Tiga Tinggi Tempat

Table 5. Mean number of ears per plant at three elevation

Hibrida/ Varietas	Cikarawang (250 m)	Sukamantri (540 m)	Ps. Sarongge (1 100 m)	BNJ 0.05
15 x 2	1.91	2.42	1.95	
2 x 15	1.83	2.18	1.91	
2 x 16	1.80	2.13	1.91	
15 x 3	2.15	3.34	1.94	
18 x 2	1.79	1.79	1.71	0.50
3 x 19	1.95	1.53	1.77	
16 x 13	1.48	2.07	1.74	
15 x 18	1.91	2.07	2.03	
15 x 19	1.90	2.04	1.94	
HY - I	1.72	1.42	1.53	
BNJ 0.05	0.46			

Produksi pipilan kering dicapai pada populasi sub-optimal oleh karena percobaan ini memang tidak dimaksudkan untuk membandingkan produksi. Oleh karena itu produksi rendah tidak mengherankan. Yang di luar dugaan adalah hasil yang tinggi beberapa hibrida di Pasir Sarongge dan perilaku berbagai jenis jagung di ketinggian yang berbeda, dilihat dari segi produksi pipilan keringnya. Diperoleh interaksi yang sangat nyata antara tinggi tempat dengan hibrida dan varietas Genjah Madura terhadap komponen produksi yang diamati. Juga ditemukan adanya perbedaan angka-angka komponen produksi antar hibrida dan varietas Genjah Madura. Hal ini disebabkan perbedaan keeratan hubungan kerabat dari silsilah keturunan hibrida eksperimental dan varietas Genjah Madura yang digunakan, sebagaimana juga telah dibahas pada uraian tentang jumlah satuan panas.

Tabel 6. Berat Tongkol Tanpa Kelobot dan Berat Pipilan Kering (kadar air 12.5 %) di Tiga Tinggi Tempat

Table 6. Weight of Husked Ears and dry grain (12.5 % moisture) of corn grown at three different elevation.

Hibrida/ Varitas	Cikarawang (250 m)	Sukamantri (540 m)	Ps. Sarongge (1 100 m)	BNJ 0.05
Berat tongkol tanpa kelobot (Husked ears) ton/ha			
15 x 2	3.50	4.86	5.92	
2 x 15	4.17	4.13	5.32	
2 x 16	4.31	3.67	6.05	
15 x 3	4.45	5.10	4.46	
18 x 2	4.55	5.35	7.17	2.29
3 x 19	4.79	4.25	6.12	
16 x 13	3.02	3.48	4.49	
15 x 18	4.76	5.92	7.96	
15 x 19	4.92	6.55	7.43	
HY - I	1.72	1.29	1.61	
BNJ 0.05	2.10			
Pipilan kering (Dry grain) ton/ha			
15 x 2	2.76	2.98	4.28	
2 x 15	3.20	2.49	3.70	
2 x 16	2.85	2.52	3.73	
15 x 3	3.17	3.17	2.41	
18 x 2	3.26	3.73	4.42	1.61
3 x 19	3.70	3.02	3.68	
16 x 13	2.24	2.45	2.78	
15 x 18	3.25	4.16	6.40	
15 x 19	3.97	4.42	4.95	
HY - I	1.40	0.85	1.25	
BNJ 0.05	1.48			

KESIMPULAN

Tinggi tempat dari permukaan laut, menyebabkan perbedaan lingkungan fisik, terutama suhu rata-rata harian. Pengaruh suhu rata-rata harian ini sangat nyata terhadap perkembangan dan produksi tanaman jagung.

Sembilan macam hibrida jagung eksperimental yang diteliti pada tinggi tempat yang sama, membutuhkan jumlah satuan panas yang sama pula untuk mencapai setiap tahap pertumbuhannya. Dengan demikian kesembilan macam hibrida tersebut dapat dikelompokkan ke dalam satu gugus taksonomik thermal. Varietas Genjah Madura HY-I berada di luar kelompok tersebut.

Antara kebutuhan satuan panas hibrida jagung eksperimental dan varietas Genjah Madura HY-I yang diuji dengan tinggi tempat dari permukaan laut, terdapat hubungan yang sangat erat dan berkorelasi negatif. Kebutuhan satuan panas untuk tahap-tahap pertumbuhannya pada ketinggian tempat tertentu, dapat diduga dengan persamaan regresi yang diperoleh. Dengan demikian metode jumlah satuan panas dapat digunakan untuk menentukan umur tanaman jagung mencapai tahapan pertumbuhan tertentu. Maksud semula untuk melihat kemungkinan mencari penentuan umur jagung tidak tercapai, oleh karena kebutuhan SP bagi suatu genotipe tidak sama pada letak tinggi yang berbeda.

Walaupun kebutuhan akan satuan panas lebih kecil di Pasir Sarongge, produksi rata-rata jagung di tempat ini adalah tertinggi. Dapat disimpulkan dengan demikian, bahwa di dataran rendah suhu rata-rata terlalu tinggi untuk produksi jagung maksimum. Yang diperkirakan merupakan faktor penentu adalah suhu malam yang rendah dan masa pengisian yang lebih panjang di Pasir Sarongge. Kesimpulan ini hanya benar, bila jenis dan kesuburan tanah tidak menaikkan peran yang dominan.

Ditemukan adanya interaksi yang sangat nyata antar hibrida jagung eksperimental dan varietas Genjah Madura HY-I dengan tinggi tempat terhadap kebutuhan satuan panas dan produksi dalam percobaan ini. Hal ini memberi petunjuk terdapatnya keragaman genetik antar

sembilan macam hibrida dan varietas Genjah Madura HY-I. Penemuan ini dapat dimanfaatkan untuk tujuan menciptakan varietas berumur pendek dan berproduksi tinggi pada batas ketinggian dari muka laut tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Aspiazu, C. and R. H. Shaw. 1972. Comparison of several methods of growing-degree-unit calculations for corn (Zea mays L.). Iowa State J. Sci. 46:435-442.
- Coelho, D. T. and F. R. Dale. 1980. An Energy-Crop-Growth variable and temperature function for predicting corn growth and development: planting to silking. Agron. J. 72:503-510.
- Cooper, P. J. M. 1979. The association between altitude, environmental variables, maize growth yield in Kenya. J. Agric. Sci. 93:635-649.
- Daynard, T. B. 1972. Relationship among black layer formation, grain moisture percentage and heat unit accumulation in corn. Agron. J. 64:716-719.
- Heickel, G. H., and R. B. Musgrave. 1969. Varietal differences in net photosynthesis of Zea mays L. Crop. Sci. p:483-486.
- Iwata, F. 1979. Heat unit concept of crop maturity, p:350-370. In U. S. Gupta, (ed). Physiological aspects of dryland farming. Oxford & IBH Publishing Co. New Delhi.
- Newman, J. R. 1971. Measuring corn maturity with heat units. Crop and Soil Magazine 23(8):11-14.
- _____, and B.). Blair. 1969. Growing Degree Days and corn maturity. Part II. Agron Dept. Purdue Univ. Lafayette, Indiana, 31p.
- Satari, Uha Suhardja. 1973. Satuan panas beberapa varietas jagung (Zea mays L.) Indonesia. Thesis Insinyur Pertanian. Fakultas Pertanian Bogor, 44 hal.
- Shaw, R. H. 1955. Climatic requirement, p:315-341. In C. F. Sprague, (ed). Corn and corn improvement. Academic Press Inc. Publishers New York N. Y.
- Slamet, Soegijatni. 1973. Pola Pertumbuhan dan waktu kemasakan pada tanaman jagung genjah, tengahan dan dalam. Thesis Insinyur Pertanian. Fakultas Pertanian Bogor. 60 hal.