

**KAJIAN IKLIM (SUHU KARDINAL DAN CURAH HUJAN)
 TERHADAP PEMBENTUKAN BUAH ALAMI (Natural fruit)
 PADA TANAMAN NANAS (*Ananas comosus* L.)**

**STUDY OF CLIMATE ASSESMENT
 (CARDINAL TEMPERATURE AND RAIN FALL PRECIPITATION)
 TOWARD NATURAL FRUIT FORMING
 IN PINEAPPLE CROP (*Ananas comosus* L.)**

Istiqomah^{*)}, Didik Hariyono

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Brawijaya University
 Jl. Veteran, Malang 65145 Jawa Timur, Indonesia
^{*)}E-mail : helloimsike@gmail.com

ABSTRAK

Buah alami merupakan salah satu masalah dalam produksi nanas di PT Great Giant Pineapple. Buah alami menjadi masalah karena kematangan, ukuran, dan waktu panen berbeda dengan buah hasil forcing sehingga meningkatkan ongkos produksi. Salah satu penyebab munculnya buah alami adalah faktor iklim. Dalam penelitian ini, faktor iklim yang diteliti dalam penelitian ini adalah suhu minimum, suhu kardinal, curah hujan, hari hujan, dan lama penyinaran. Penelitian dilakukan di PG 1 PT GGP Lampung Tengah pada bulan Mei 2016 sampai Juni 2016. Analisis data yang digunakan adalah 3 metode, yaitu metode deskripsi, analisis korelasi, dan analisis linier berganda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Desember 2013 sebesar 635.5 mm/bulan dengan hari hujan sebanyak 26 hari. Suhu minimum terendah pada bulan September 2014, sebesar 21.6°C, suhu kardinal paling tinggi pada bulan Maret 2016, sebesar 12.8°C. Lama penyinaran tertinggi pada bulan Juli 2015 sebesar 9,41 Jam. Koefisien korelasi yang tertinggi didapat dari korelasi antara unsur iklim dengan bobot panen buah alami dengan nilai ($r = 0.44$) dengan variabel curah hujan. Variabel suhu minimum memberikan pengaruh yang signifikan terhadap bobot panen buah alami, setiap

berkurangnya 1°C suhu minimum, akan meningkatkan bobot panen buah alami sebesar 42,595 ton/ha. Variabel suhu minimum memberikan pengaruh yang signifikan terhadap diameter buah alami, umur berbunga buah alami, dan umur panen buah alami. Setiap berkurangnya 1°C akan meningkatkan 0,42 cm diameter buah, mempercepat 0,43 bulan umur berbunga, dan mempercepat 0,44 bulan umur panen.

Kata kunci: Nanas, Buah Alami, Suhu Kardinal, Curah Hujan

ABSTRACT

Natural fruit is one of the problems in production of pineapple in PT Great Giant Pineapple. Natural fruit became problem because of ripeness, size, and harvest time is different from the fruits of forcing thereby increasing production costs. One reason that trigger natural fruit was climatic factors. In this study, climatic factors that studied were minimum temperature, cardinal temperatures, rainfall intensity, day of rain, and long radiation. Research was conducted in PG 1 PT GGP Central Lampung in May until June 2016. Data analysis that were used are method descriptions, correlation analysis, and multiple linear analysis. The results showed that highest rainfall occurred in December

2013 with 635.5 mm/month with 26 rainy days. The lowest minimum temperature was on September 2014, with 21.6°C, the highest cardinal temperature was in March 2016, with 12.8°C. The highest long radiation was in July 2015 with 9,41 hour/day. The highest correlation coefficient obtained from correlation between unsure of the climate with natural fruit yield with values ($r = 0,44$) with rainfall variable. The minimum temperature variables have a significant effect on the weight of natural fruit harvest, each 1°C reduced in minimum temperature, will increase the weighting of natural fruit crop up to 42,595 tons/ha. The minimum temperature variables have a significant effect on the diameter natural fruits, natural fruit flowering date, and time of harvest natural fruit. Every 1°C reduced of minimum temperature will increase 0,42 cm of fruit diameter, 0,43 month of days to flowering and of 0,44 month of harvest time.

Keyword: Pineapple, Natural Fruit, Cardinal temperature, rainfall intensity

PENDAHULUAN

Tanaman nanas (*Ananas comosus* L.) merupakan tanaman hortikultura penting di Indonesia. Nanas merupakan salah satu komoditas andalan ekspor Indonesia. PT Great Giant Pineapple merupakan salah satu produsen nanas terbesar, dengan total produksi mencapai 600.000 ton nanas segar per tahun. Permasalahan yang muncul dalam produksi nanas PT Great Giant Pineapple adalah keberadaan buah alami.

Banyak faktor-faktor yang memicu munculnya buah alami, salah satunya adalah faktor lingkungan. Kondisi lingkungan yang mendukung munculnya buah alami akan meningkatkan sensitivitas tanaman untuk menginduksi bunga. Faktor lingkungan yang dapat memicu buah alami adalah perubahan musiman, seperti fotoperiodik, termoperiodik, dan neraca air. Menurut Bernier (1988 dalam Cunha, 2005) faktor lingkungan utama yang bertanggung jawab untuk induksi bunga adalah lama

penyinaran dan suhu. Suhu tinggi menjadi salah satu faktor lingkungan yang dapat mengurangi hasil dan kuantitas tanaman budidaya (Peng., Huang., Sheehly., 2004).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara unsur iklim dengan pembentukan buah alami dan bobot serta diameter buah alami pada tanaman nanas (*Ananas comosus* L.).

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Plantation Group 1 PT Great Giant Pineapple, Lampung Tengah pada bulan Mei sampai Juni 2016. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat tulis, kamera, timbangan, jangka sorong, MS. Word, MS. Excel. Bahan yang digunakan adalah data buah alami dan buah hasil forcing yang meliputi bobot panen, bobot per buah, diameter buah, umur berbunga dan umur panen selama Januari 2014 sampai Mei 2016, serta data iklim yang mencakup suhu minimum, suhu kardinal, curah hujan, hari hujan, dan lama penyinaran mulai Agustus 2013 sampai Desember 2015.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi (Non participant observation dan observasi langsung) dan metode deskripsi. Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis deskriptif, analisis korelasi, dan analisis regresi linier berganda. Uji analisis lanjut menggunakan Uji T.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Korelasi Antara Unsur Iklim Terhadap Hasil Buah Alami

Hasil korelasi antara unsur iklim dengan bobot panen buah alami memiliki 2 arah, yaitu arah negatif dan arah positif. Korelasi yang memiliki arah negatif dimiliki oleh variabel suhu minimum, dengan koefisien ($r = -0,43$). Korelasi yang memiliki arah positif adalah variabel suhu kardinal, curah hujan, hari hujan dan lama penyinaran. Masing-masing koefisiennya adalah ($r = 0,08$), ($r = 0,44$), ($r = 0,36$), dan ($r = 0,40$).

Tabel 1. Korelasi Antara Unsur Iklim Terhadap Hasil Buah Alami.

	Bobot Panen BA (ton/ha)	Bobot BA (kg/buah)	Diameter BA (cm/buah)	Umur Bunga (bulan)	Umur Panen (bulan)
Suhu Min	-0,43	-0,12	-0,11	-0,05	-0,12
Suhu Kardinal	0,08	-0,03	-0,20	-0,25	-0,23
Curah Hujan	0,44	-0,18	-0,11	-0,04	-0,03
Hari Hujan Lama	0,36	-0,30	-0,21	-0,07	-0,06
Penyinaran	0,40	0,42	0,40	0,15	0,14

Pengaruh yang paling besar adalah variabel curah hujan, dengan nilai koefisien ($r = 0,44$). Latiri, Lhomme., Annabi., dan Setter, (2010) juga mengungkapkan bahwa curah hujan berkorelasi tinggi terhadap komponen hasil.

Kondisi curah hujan pada musim gugur sangat mempengaruhi komponen hasil. Di Falco, Bezabih., dan Yesuf, (2010) yang menyatakan bahwa sejumlah tanaman berkorelasi positif dengan curah hujan secara langsung.

Hasil analisis korelasi antara unsur iklim terhadap bobot buah alami memiliki arah negatif yang lebih banyak dibandingkan dengan korelasi yang memiliki arah positif. Nilai koefisien korelasi yang paling besar adalah variabel lama penyinaran, yaitu ($r = 0,42$). Bernier (1998 dalam Cunha, 2005) menyatakan faktor lingkungan yang menjadi penyebab utama terjadinya buah alami adalah photoperiode (panjang hari – jumlah jam siang hari) Jika lama penyinaran tinggi, maka kecepatan fotosintesisnya akan bertambah besar.

Hasil analisis korelasi antara unsur iklim dengan diameter buah alami menunjukkan arah hasil korelasi yang sama seperti korelasi antara unsur iklim dengan bobot buah. Korelasi yang memiliki arah positif adalah variabel lama penyinaran dengan koefisien terbesar yaitu ($r = 0,40$) Menurut Anwar., Liu., Farquharson., dan Macadam, (2015), jumlah hujan secara keseluruhan sangat penting dalam

menentukan hasil, terlebih apabila ditambah dengan peningkatan suhu, peningkatan suhu yang besar dapat menurunkan hasil.

Korelasi antara unsur iklim dengan umur berbunga menunjukkan bahwa variabel suhu minimum memiliki koefisien yang paling besar, yaitu ($r = -0,25$). Korelasi antara unsur iklim terhadap panen memiliki nilai koefisien yang paling besar yaitu ($r = 0,23$) pada suhu kardinal, sementara itu 4 variabel yang lain memiliki nilai koefisien yang sangat kecil. Hasil analisis korelasi antara unsur iklim terhadap hasil buah alami dapat dilihat pada Tabel 1.

Korelasi Antara Unsur Iklim Terhadap Buah Hasil Forcing

Korelasi antara unsur iklim dengan bobot panen buah hasil forcing menghasilkan 4 korelasi arah negatif dan 1 korelasi arah positif. Korelasi arah positif terjadi antara suhu kardinal dengan bobot panen buah hasil forcing, yang mana juga memiliki koefisien terbesar, yaitu ($r = 0,28$). Korelasi antara unsur iklim dengan bobot buah forcing yang paling besar nilai koefisiennya adalah variabel lama penyinaran, yaitu ($r = 0,37$). Pada korelasi antara unsur iklim dengan diameter buah, terdapat 2 variabel yang memiliki nilai koefisien yang sama besar, yaitu variabel hari hujan dan variabel lama penyinaran, dengan nilai koefisien ($r = -0,27$) dan ($r = 0,27$).

Dari kedua korelasi antara unsur iklim terhadap buah alami dan korelasi antara unsur iklim terhadap buah hasil forcing, terlihat bahwa unsur iklim (suhu minimum, suhu kardinal, curah hujan, hari hujan, lama

Tabel 2. Korelasi Antara Unsur Iklim Terhadap Buah Hasil Forcing

	Bobot Panen Forcing (ton/ha)	Bobot Buah Forcing (kg/buah)	Diameter Buah Forcing (cm/buah)	Umur Bunga (bulan)	Umur Panen (bulan)
Suhu Min	-0,03	-0,35	-0,31	-0,04	-0,04
Suhu Kardinal	0,28	0,17	-0,04	-0,28	-0,28
Curah Hujan	-0,24	-0,26	-0,18	0,09	0,09
Hari Hujan Lama	-0,08	-0,30	-0,27	-0,04	-0,04
Penyinaran	-0,06	0,37	0,27	0,24	0,24

penyinaran) dapat mempengaruhi munculnya buah alami. Nilai koefisien korelasi antara unsur iklim terhadap bobot panen buah alami lebih besar jika dibandingkan dengan nilai koefisien korelasi antara unsur iklim dengan buah hasil forcing. Hasil analisis korelasi antara unsur iklim terhadap buah hasil forcing dapat dilihat pada Tabel 2.

Hubungan Antara Unsur Iklim Terhadap Bobot panen Buah Alami

Hasil analisis regresi menunjukkan hubungan antara unsur iklim dengan bobot panen buah alami diperoleh persamaan $Y = -11520,5 - 42,595 X_1 - 148,556 X_2 + 0,08 X_3 - 18,82 X_4 + 75,04 X_5$. Variabel suhu kardinal memberikan pengaruh yang paling besar terhadap peningkatan bobot panen buah alami, jika suhu kardinal bertambah 1°C, maka bobot panen buah alami akan meningkat sebanyak 148,556 ton/ha.

Pada dasarnya, inisiasi pembungaan nanas tergantung pada keadaan fisiologis dan kandungan nutrisi pada tanaman, panjang hari, dan suhu (Bartholomew dan Malezieux, 1994). Gardner (1991) menyatakan bahwa proses fotosintesis tanaman dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti sinar matahari, unsur hara, CO₂, air dan ruang tumbuh.

Hubungan Antara Unsur Iklim Terhadap Bobot Buah Alami

Berdasarkan hasil analisis regresi, hubungan antara unsur iklim dengan bobot buah alami diperoleh persamaan $Y = - 2,09 - 0,05 X_1 - 0,043 X_2 + 0,0003 X_3 - 0,01 X_4 + 0,05 X_5$. Variabel yang memberikan pengaruh paling besar adalah variabel suhu minimum, karna setiap bertambahnya 1°C

suhu minimum akan meningkatkan bobot buah sebanyak 0,05 kg.

Ada dua faktor penting yang memberikan pengaruh dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman, yaitu faktor genetik dan faktor lingkungan. Faktor lingkungan merupakan faktor eksternal, seperti air, cahaya suhu, dan kelembapan. Salah satu faktor lingkungan yang memberikan pengaruh paling besar dalam bobot buah adalah suhu minimum. Coppens, Garth, Sanewski (2011) mengamati bahwa tanaman nanas akan berbuah alami sebesar 100% jika suhu dipertahankan dibawah 20°C selama 10 sampai 12 minggu.

Hubungan Antara Unsur Iklim Terhadap Umur Berbunga

Hasil analisis regresi antara unsur iklim terhadap umur berbunga tanaman nanas diperoleh persamaan $Y = 26,37 - 0,451X_1 - 0,431 X_2 - 0,001X_3 - 0,013 X_4 + 0,063 X_5$. Peningkatan umur berbunga yang tertinggi disebabkan oleh suhu minimum, yaitu 0,45 bulan.

Telah diketahui bahwa pembungaan dapat terjadi di lapangan selama musim panas dengan suhu malam hari yang rendah. Hanya sebagian kecil dari efek suhu tinggi yang dapat menghambat insiasi pembungaan (Moss, 1976). Selain pengaruh suhu, lama penyinaran juga mempengaruhi munculnya buah alami. Induksi bunga pada *Smooth Cayenne* lebih mudah terjadi pada panjang hari 8 jam sehari dibandingkan 10,12 atau 16 jam sehari (Friend dan Lydon ,1979).

Hubungan Antara Unsur Iklim Terhadap Umur Panen

Hasil analisis regresi antara unsur iklim terhadap umur panen tanaman nanas diperoleh persamaan $Y = 35,38 - 0,633 X_1 - 0,443 X_2 - 0,001X_3 - 0,002 X_4 + 0,086 X_5$. Hasil peningkatan tertinggi disebabkan oleh variabel suhu minimum, yaitu 0,63 bulan. Buah alami merupakan sebuah fenomena "natural flowering" atau "environmental induction" (Min dan Bartholomew dalam Yury Trusov dan Hose Ramon Botella, 2006). Kemunculan buah alami dinilai merugikan dalam bisnis perkebunan nanas karena akan merusak jadwal panen, meningkatkan ongkos panen (panen berkali-kali pada lokasi yang sama) sehingga menghasilkan kerugian yang cukup signifikan

Hubungan Antara Unsur Iklim Terhadap Buah Hasil Forcing

Hasil analisis regresi antara unsur iklim terhadap bobot panen buah hasil forcing diperoleh persamaan $Y = - 12.300 + 556,09 X_1 + 418,34 X_2 - 8,401X_3 + 59,03 X_4 - 236,7 X_5$. Pengaruh terbesar ditunjukkan oleh variable suhu minimum, sebab bertambahnya 1°C suhu minimum, maka akan meningkatkan bobot panen sebanyak 556,09 ton/ha.

Hasil analisis regresi antara unsur iklim terhadap bobot buah hasil forcing diperoleh persamaan $Y = 4,339 - 0,129 X_1 - 0,019 X_2 - 0,0008 X_3 + 0,0036 X_4 + 0,05 X_5$. Pengaruh paling besar dalam regresi antara unsur iklim dengan bobot/buah adalah suhu minimum, sebab berkurangnya 1°C suhu minimum, maka akan meningkatkan bobot per buah sebanyak 0,129 kg.

Hasil analisis regresi antara unsur iklim dengan diameter buah hasil forcing diperoleh persamaan $Y = 39,062 - 0,915 X_1 - 0,438 X_2 - 0,0006 X_3 + 0,0076 X_4 + 0,046 X_5$. Hasil dari analisis regresi ini yang memiliki pengaruh paling besar adalah suhu minimum, dapat dilihat bahwa setiap berkurangnya 1°C suhu minimum, maka akan meningkatkan diameter sebanyak 0,915 cm.

Hasil analisis regresi antara unsur iklim dengan umur berbunga hasil forcing

diperoleh persamaan : $Y = 39,304 - 0,789 X_1 - 0,585 X_2 - 0,0037 X_3 + 0,0072 X_4 + 0,415 X_5$. Pengaruh paling besar adalah suhu minimum. Hasil dari analisis regresi ini dapat dilihat bahwa setiap berkurangnya 1°C suhu minimum, maka akan mempercepat umur panen sebanyak 0,789 bulan.

Hasil analisis regresi antara unsur iklim dengan umur panen buah hasil forcing diperoleh persamaan $Y = 40,304 - 0,915 X_1 - 0,438 X_2 - 0,0006 X_3 + 0,0076 X_4 + 0,046 X_5$. Pengaruh paling besar adalah suhu minimum. Hasil dari analisis regresi ini dapat dilihat bahwa setiap berkurangnya 1°C suhu minimum, maka akan meningkatkan umur panen sebanyak 0,789 bulan.

Pembungaan adalah tahap perkembangan yang penting dalam siklus kehidupan tanaman. Perpindahan dari fase vegetatif ke fase generatif itu penting sebagai langkah pertama dari reproduksi seksual dan pengaturan buah (Bernier, Havelange, Houssa, Petitjean, and Lejeune, 1993). Tanaman nanas merupakan tanaman jenis *short-day plant*. Kerentanan tanaman ini terhadap panjang hari dan temperatur tergantung pada besar bibit, umur bibit dan jenis bibit Temperatur yang rendah dan stress lainnya dapat menyebabkan *natural flowering*.

Uji T Antara Tanaman Nanas Buah Alami dan Buah Hasil Forcing

Berdasarkan analisis Uji T antara tanaman nanas buah alami dan tanaman nanas hasil forcing, didapatkan hasil bahwa terdapat perbedaan antara bobot panen, diameter buah, umur berbunga, dan umur panen karena nilai signifikan lebih kecil dari nilai α , dan nilai t hitung yang lebih besar daripada nilai t tabel. Hasil analisis uji T pada variabel bobot buah tidak menunjukkan adanya perbedaan antara buah alami dan buah forcing. Faktor lingkungan utama yang bertanggung jawab untuk induksi bunga adalah lama penyinaran dan suhu. Suhu tinggi menjadi salah satu faktor lingkungan yang dapat mengurangi hasil dan kuantitas tanaman budidaya (Peng., Huang., Sheehly., 2004).

Tabel 3. Hasil Analisis Uji T Pada Buah Alami dan Buah Forcing

Variabel	Buah Alami	Buah Forcing	T hitung	T Tabel	Uji T
Bobot panen buah (ton/ha)	4,257	3,585	-7,681	2,052	Nyata
Bobot/buah (kg)	1,499	1,510	-0,231	2,052	TN
Diameterbuah (cm)	12,723	13,158	-2,177	2,052	Nyata
Umur Berbunga (bulan)	11,610	13,512	-6,629	2,052	Nyata
Umur Panen (bulan)	16,576	18,512	-6,691	2,052	Nyata

Keterangan : TN = Tidak Nyata.

Berkurangnya suhu dan intensitas cahaya dapat menghambat pertumbuhan karena proses fotosintesis terganggu, makin tinggi intensitas cahaya akan makin bertambah besar kecepatan fotosintesisnya, sehingga mengakibatkan bunga yang terbentuk umurnya berbeda. Hasil analisis uji T antara hasil buah alami dan hasil forcing dapat dilihat pada Tabel 3.

KESIMPULAN

Bobot panen buah alami, bobot buah, dan diameter buah meningkat seiring dengan bertambahnya intensitas curah hujan dengan nilai koefisien korelasi ($r = 0,44$) dan hari hujan dengan nilai koefisien korelasi ($r = 0,36$) yang menunjukkan arah korelasi positif. Korelasi yang memberikan pengaruh sedang lainnya adalah lama penyinaran, yaitu ($r = 0,42$). Bobot panen, diameter buah, umur berbunga, dan umur panen buah alami menunjukkan hasil yang berbeda dibandingkan dengan bobot panen, diameter buah, umur berbunga, dan umur panen buah hasil forcing. Bobot panen buah alami menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan bobot buah hasil forcing, diameter buah lebih rendah dibandingkan buah hasil forcing, serta umur berbunga dan umur panen yang lebih cepat daripada buah hasil forcing.

DAFTAR PUSTAKA

Anwar, M.R., D.L. Liu., R, Farquharson., I, Macadam., A, Abadi., J. Finlayson., B, Wang., and T, Ramilan. 2015.

Climate change impacts on phenology and yields of five broadacre crops at four climatologically distinct locations in Australia. *Agricultural Systems* 132(2015):133-144.

Bartholomew, D.P. and E. Malezieux. 1994. Pineapple. In: Schaffer, B. And Anderson, P. 9ed) Handbook of Environmental Physiology of Fruits Crops, II CRC Press, Boca Raton, Florida.

Bernier G. 1988. The control of floral evocation and morphogenesis. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 39 : 175-219. In Cunha, G.A.P. 2005. Applied aspects of pineapple flowering. *Bragantia*. 64(4): 499-516.

Bernier, G., A. Havelange., C. Houssa., A. Petitjean., and P. Lejeune. 1993. Physiological signals that induce flowering. *The Plant Cell*. 5(10): 1147-1155.

Coppens d'Eeckenbrugge, G. G.M. Sanewski, M.K. Smith., M. Duval, and F. Leal. 2011. Ananas. In C. Kole (eds). Wild Crop Relatives : Genomic and Breeding Resources Tropical and Subtropical Fruit. Springer.

Di Falco, S., M. Bezabih., and M. Yesuf. 2010. Seeds for livelihood: Crop biodiversity and food production in Ethiopia (Analysis). *Ecological Economics* 69(2010):1695-1702.

Friend, D.J.C., and J. Lydon. 1979. Effect of daylength on flowering, growth, and CAM of Pineapple (*Ananas*

- comosus* L. Merr). *Botanical Gazette*. 140(3): 280-283.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce., dan R.L. Mitchell. 1991.** Fisiologi Tanaman Budidaya. UI Press. Jakarta.
- Latiri, K., J.P. Lhomme., M. Annabi., and T.L. Setter. 2010.** Wheat production in Tunisia: progress, inter-annual variability, and relation to rainfall. *European Journal Agronomy* 33(1): 33-42.
- Min, X.J., and D.P, Bartholomew. 1996.** Effect of plant growth regulators on ethylene production, 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid Delayed flowering in pineapple 3959 oxidase activity, and initiation of inflorescence development of pineapple. *Journal of Plant Growth Regulation*. 15, 121–128. *In* Trusov, Y., and J.R. Botella. 2006. Silencing of the ACC Synthase gen ACAC S2 Causes Delayed Flowering in Pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr. *Journal of Experimenal Botany*, 57(14):3953-3960.
- Moss, G.I. 1976.** Temperature Effect On Flower Initiation In Sweet Orange (*Citrus sinensis*). *Australia Journal Agriculture Research*. 27(3):399-407.
- Peng, S., H. Jianliang., J.E. Sheehy., R.C. Laza., R.M. Visperas., X. Zhong., G.S. Centono., G.S. Khush, and K.G. Cassman, 2004.** Rice yields decline with higher night temperatures from global warming. *Proceeding of National Academy Science USA* 101(27) :9971-9975.