

**ANALISIS VENTILASI ALAM PADA
MULTI SPAN GREENHOUSE , FAPERTA IPB**

***Analysis of Natural Ventilation on Faculty of Agricultural IPB's Multispan
Greenhouse***

Meiske Widyarti¹, Herry Suhardiyanto¹, Rita Intan Permatasari²

Abstract

Greenhouse can protect plants from unexpected conditions like heavy rainfall, strong wind and insect attack. In a tropical humid greenhouses, problem that always occur is a very high micro climate. Plants can grow optimally only in a suitable environment. With a proper design, suitable air temperature for plant growth can be generated. Greenhouse's micro climate can be managed using a ventilation system. The economical way of a ventilation system is natural ventilation which utilize wind and thermal effects. Structures and shape of a building will give big influences to the natural ventilation's speed. This research study about natural ventilation system in a multi span greenhouse located at Cikabayan inside IPB Campus. This study found that opening for ventilation system in this building is only 26,4 % of the total building area which is still lower than the requirement amount (40 %). The natural ventilation speed inside the building is 0,6 – 0,8 m/s ; it is lower than the recommending speed 0,75 – 1,0 m/s. The natural ventilation is more dominated by thermal effect than wind effect. Temperature inside the building is higher 5-7° C than outside and the humidity is low. A design modification especially at the windward wall's area should be done to get a higher rate of ventilation speed.

Keywords: multispan, greenhouse, natural ventilation

LATAR BELAKANG

Pertumbuhan setiap jenis tanaman akan memerlukan lingkungan yang sesuai dengan kebutuhannya agar dapat berkembang dengan optimal. Faktor-faktor lingkungan yang menentukan proses fotosintesis dan mempengaruhi pertumbuhan tanaman diantaranya adalah suhu udara sirkulasi udara, intensitas cahaya, kelembaban, dan ketersediaan unsur hara. Salah satu cara pengendalian dalam pertumbuhan tanaman adalah dengan penggunaan *greenhouse* (*rumah kaca*). Di dalam rumah kaca akan dapat dikondisikan tersedianya kesesuaian lingkungan untuk kebutuhan pertumbuhan

tanaman. Masalah yang timbul dari penggunaan *green house* di daerah tropis adalah timbulnya efek rumah kaca, di mana pantulan dari radiasi matahari bergelombang panjang yang masuk tertahan dan menyebabkan suhu di dalam rumah kaca lebih tinggi dari pada suhu lingkungan sekitarnya. Hal ini mengganggu pertumbuhan tanaman. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasinya adalah dengan membuat pergerakan udara (ventilasi) pada *greenhouse*. Sistem ventilasi yang paling ekonomis adalah dengan memanfaatkan energi yang tersedia di alam yang berasal dari efek angin dan termal.

¹ Staf Pengajar pada Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

² Alumnus Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Laju ventilasi alam pada bangunan *greenhouse* dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kecepatan angin, dimensi dan posisi bukaan pada bangunan, sistem konstruksi serta unsur-unsur material yang digunakan. Oleh sebab itu maka akan sangat bermanfaat apabila dipelajari tentang sistem ventilasi alami yang terjadi pada *multispan greenhouse* di daerah beriklim tropis lembab.

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Melakukan pengukuran dan analisis terhadap laju ventilasi alam pada bangunan *multispan greenhouse* milik Faperta, IPB
2. Mengetahui kesesuaian rancangan bangunan *greenhouse* untuk daerah beriklim tropis

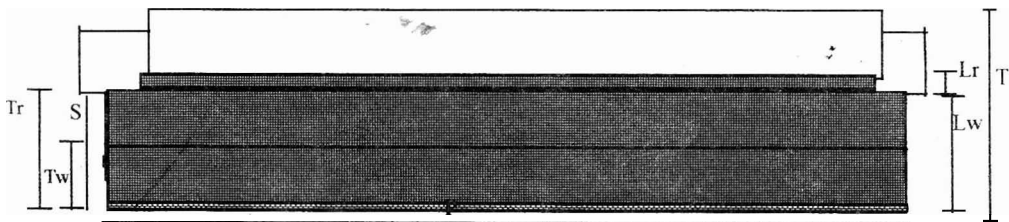
METODE DAN BAHAN

Penelitian ini dilakukan pada sebuah *multispan greenhouse* milik Faperta IPB, Cikabayan, Bogor, Jawa Barat pada bulan April-Juni 2002. *Greenhouse* yang digunakan dalam penelitian ini bertipe *multispan* dengan ukuran 22,5 m x 20 m. Konstruksi *greenhouse* ini sebagian besar menggunakan baja dengan penutup atap berbahan kaca yang berketebalan 8 mm. Dinding bangunan menggunakan kassa kaku yang berfungsi sebagai bukaan ventilasi. Bangunan beratap monitor dan mempunyai ventilasi atap. Tabel 1 dan Gambar 1 dan 2 merupakan skema dimensi beserta ukuran bangunan yang dipergunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Ukuran dimensi bangunan (m)

Dimensi <i>greenhouse</i>	meter
• Panjang <i>greenhouse</i> (P)	• 20
• Lebar <i>greenhouse</i> (L)	• 22,5
• Tinggi <i>greenhouse</i> (T)	• 7,346
• Tinggi dinding batako (t)	• 0,2
• Lebar ventilasi dinding (Lw)	• 2,4
• Panjang ventilasi dinding	• 20
• Lebar ventilasi atap vertikal (Lr)	• 0,317
• Lebar ventilasi atap horisontal (d)	• 3,5
• Panjang ventilasi atap (U)	• 12
• Tinggi ventilasi dari lantai ke sumbu tengah ventilasi dinding (Tw)	• 1,4
• Tinggi ventilasi dari lantai ke sumbu tengah ventilasi atap (Tr)	• 4,8
• Tinggi bidang tekanan netral (S)	• 3,7

Parameter iklim yang diukur untuk perhitungan laju ventilasi antara lain temperatur, kelembaban udara, dan kecepatan angin di sekitar *greenhouse* menggunakan weather station. Weather station diletakkan di luar *greenhouse*. Nilai hasil pengukuran terbaca pada display dan direkam pada PC. Pengukuran temperatur di dalam *greenhouse* menggunakan termometer air raksa sebanyak tiga pasang yang diletakkan sepasang pada masing-masing span. Suhu bola basah dan bola kering digunakan untuk mengetahui kelembaban udara dan kerapatan udara di dalam *greenhouse*. Untuk mengukur kecepatan aliran udara yang melintasi bukaan digunakan bola-bola gabus. Bola-bola gabus digantungkan dengan seutas tali pada setiap kassa ventilasi.



Gambar 1. Tampak samping dimensi *greenhouse* tipe *multispan*

Data-data hasil pengukuran diolah dengan menggunakan perhitungan dengan program komputer bahasa Q-Basic agar nilai laju pertukaran udara (G , Q , CHG) pada *greenhouse* diketahui.

Aliran udara yang melintasi bukaan terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara di dalam dan di luar *greenhouse*. Besarnya perbedaan tekanan udara ΔP (kg/m^2) dinyatakan dalam persamaan (Esmay & Dixon) :

dimana :

- U = kecepatan aliran udara pada bukaan (m/s)
- m = massa bola gabus (kg)
- g = percepatan akibat gaya gravitasi ($9,8 m/s^2$)
- x = simpangan tali (m)
- L = panjang tali (m)
- r = jari-jari bola gabus (m)
- ρ = kerapatan udara luar (kg/m^3)

$$U = \sqrt{\frac{m \cdot g \cdot x}{T}} \quad (1)$$

Pada saat angin berhembus diukur besarnya simpangan tali. Bola gabus diletakkan pada sepuluh titik pengukuran untuk mendapatkan kecepatan rata-rata di setiap bukaan.

Persamaan untuk menghitung kecepatan aliran melewati bukaan diturunkan dari persamaan Bernoulli :

$$\Delta P = P_s - P_t + P_w \quad (2)$$

dimana :

- P_s = tekanan statik pada lantai (kg/m^2)
- P_w = tekanan statik pada angin (kg/m^2)
- P_t = tekanan statik pada termal (kg/m^2)

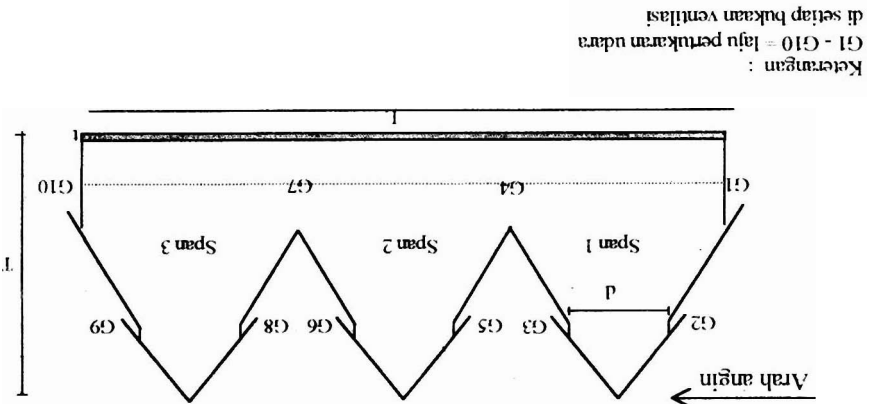
Koefisien tekanan C_p menunjukkan sebagian tekanan disetap bukaan ventilasi untuk arah angin yang tegak lurus dengan luas bukaan. Nilai C_p yang digunakan dalam perhitungan disajikan dalam Tabel berikut ini.

Tabel 2. Nilai koefisien tekanan akibat faktor angin

Koefisien tekanan (C_p)	Bukaan ventilasi
0.6	Ventilasi dmdng pada sisi windward
-0.6	Ventilasi dinding pada sisi leeward
-0.12	Ventilasi atap sisi windward pada windward span
-0.7	Ventilasi atap sisi leeward pada windward span
0.3	Ventilasi atap sisi windward pada intermediate span
-0.7	Ventilasi atap sisi leeward pada intermediate span
0.3	Ventilasi atap sisi windward pada leeward span
-0.6	Ventilasi atap sisi leeward pada leeward span

Sumber : *Greenhouse Structural Savety Standard* di dalam Kozai and Sase (1978)

Gambar 2. Tampak muka dimensi *greenhouse* tipe *multispan*



Laju aliran udara yang melewati bukaan G (kg/s) dapat dihitung dengan persamaan :

$$G_{hit} = -Cd.A.\sqrt{2.g.\rho_{out}|\Delta P|} \quad \text{utk. } \Delta P < 0 \quad \dots\dots(3)$$

$$G_{hit} = Cd.A.\sqrt{2.g.\rho_{in}|\Delta P|} \quad \text{utk. } \Delta P \geq 0 \quad \dots\dots(4)$$

dimana :

- Cd = koefisien discharge
- A = luas bukaan (m²)
- g = percepatan akibat gravitasi bumi (9.8 m/s²)
- ρ_{out} = kerapatan udara luar greenhouse (kg/m³)
- ρ_{in} = kerapatan udara dalam greenhouse (kg/m³)
- ΔP = perubahan tekanan (kg/m³)

Koefisien discharge Cd menyatakan nilai perbandingan antara luasan efektif yang merupakan bidang normal tegak lurus aliran dengan luasan lubang itu sendiri. Cd yang digunakan dalam perhitungan ini adalah 0.44 untuk ventilasi dinding dan 0.29 untuk ventilasi atap (Ishihara di dalam Kozai and Sase, 1978) .

Besarnya pertukaran udara di dalam greenhouse CHG (¹h_n) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$CHG = \frac{3600.S}{\rho_{out} \cdot Vol} \quad \dots\dots(5)$$

- dimana :
- S = total laju aliran udara yang masuk greenhouse (kg/s) = $\sum G_{in}$
- ρ_{out} = kerapatan udara luar greenhouse (kg/m³)
- Vol = volume total greenhouse (m³)

Dalam perhitungan laju ventilasi karena efek termal, perlu diketahui posisi bidang tekanan netral pada bangunan. Posisi bidang tekanan netral memberi gambaran tentang posisi dari bukaan yang berfungsi sebagai inlet dan outlet.

Menurut Bruce (1978), ketinggian bidang tekanan netral dihitung dengan persamaan :

$$\sum_{j=1}^n \int_{A_j} \frac{|\bar{h} - h|^{3/2}}{\bar{h} - h} \cdot dA = 0 \quad \dots\dots(6)$$

- dimana :
- n = jumlah bukaan ventilasi
- A_j = luas bukaan (m²)
- \bar{h} = tinggi bidang tekanan netral dari lantai (m)
- h = tinggi bukaan dari lantai ke sumbu tengah (m)

Pengukuran laju ventilasi alam menggunakan bola-bola gabus dilakukan untuk memperoleh laju aliran udara U (m/s) . Nilai U didapat dari hasil konversi dari pengukuran simpangan tali. Perhitungan laju aliran udara volumetrik Q (m³/s) dengan persamaan

$$Q = Cd \int_A U \cdot dA \quad \dots\dots(7)$$

- dimana :
- Cd = koefisien discharge (-)
- U = kecepatan aliran udara yang melewati bukaan (m/s)
- A = luas bukaan ventilasi (m²)

Sedangkan laju aliran udara G (kg/s) dihitung dengan persamaan :

$$G_{ukur} = Q \cdot \rho_{out} \quad \dots\dots(8)$$

- dimana :
- Q = laju aliran udara volumetrik (m³/s)
- ρ_{out} =kerapatan udara luar greenhouse (kg/m³)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Luasan total ventilasi untuk pertukaran aliran udara efektif pada *multispan greenhouse* adalah sebesar 118,824 m². Besar luasan ini adalah 26,4 % dari luas lantai bangunan yang seluas 450 m² . Laju ventilasi alami yang berfungsi sebagai laju pertukaran udara efektif yang dihasilkan belum memadai karena masih lebih kecil dari yang direkomendasikan untuk bangunan pertanian yaitu 30 % . (Hellickson and Walker, 1983). Untuk mendapatkan laju ventilasi alami sebesar 40-60 l/jam, maka luas bukaan untuk ventilasi harus mencapai 40 % dari total luasan lantai bangunan seperti yang tertulis dalam standard yang berlaku. Kondisi alam pada daerah

beriklim tropis lembab dimana cuaca panas sepanjang tahun ditambah dengan kecepatan angin yang kurang dominan dalam membentuk pola aliran yang baik mengakibatkan perbedaan suhu dalam *greenhouse* dengan suhu luar sangat besar.

Letak bidang tekanan netral menggambarkan posisi bukaan yang berfungsi sebagai inlet atau outlet. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa letak bidang tekanan netral *greenhouse* adalah 3.7 m dari lantai *greenhouse*. Ventilasi dinding yang berada di bawah ketinggian bidang tekanan netral terletak pada ketinggian 2,5 m, (masih kurang dari 3.7 m) berfungsi sebagai inlet. Akibat tekanan udara luar lebih tinggi daripada tekanan udara di dalam *greenhouse* terjadi aliran udara masuk ke dalam *greenhouse*. Ventilasi atap berperan hanya sebagai outlet, akibat tekanan udara di dalam *greenhouse* lebih tinggi daripada tekanan udara luar sehingga terjadi aliran udara keluar. Selain efek termal, laju ventilasi dipengaruhi oleh efek angin. C_p atau koefisien tekanan digunakan dalam menentukan besarnya pengaruh faktor angin terhadap laju ventilasi alam yang terjadi. Koefisien tekanan bernilai positif untuk ventilasi dinding pada sisi windward dan ventilasi atap sisi windward pada leeward span. Apabila faktor angin cukup dominan maka ventilasi atap seharusnya juga dapat berperan sebagai inlet. Pada *greenhouse* ini ventilasi atap seluruhnya berperan sebagai outlet. Keadaan kecepatan angin yang bervariasi, sedikit membantu mendorong laju ventilasi alam, sehingga suhu di dalam *greenhouse* dapat mencapai perbedaan $5^{\circ}\text{C} - 7^{\circ}\text{C}$ dari keadaan di luar bangunan.

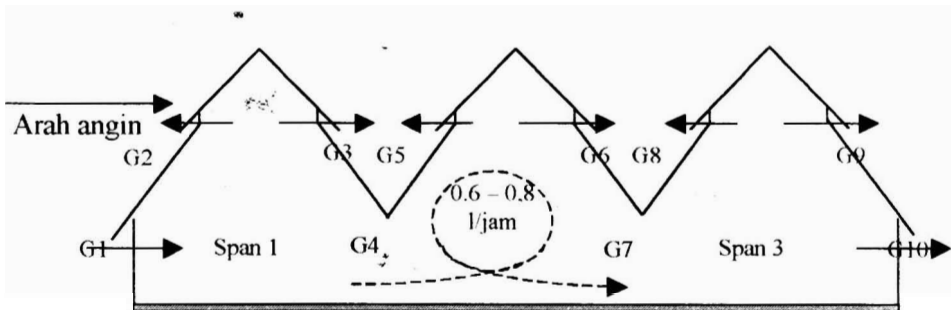
PERHITUNGAN LAJU VENTILASI

Kondisi cuaca di lapangan selama penelitian cerah dengan suhu berkisar antara $26^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$ pada pukul 08.00 sampai dengan 16.00. Hasil dari perhitungan dengan metode bola-bola gabus

diperoleh kecepatan aliran udara yang melewati kassa ventilasi dinding sekitar 0,6-0,8 m/dtk. Nilai ini lebih kecil dari kecepatan yang dibutuhkan bangunan sehingga jumlah laju aliran udara rata-rata (CHG) rata-rata hanya sebesar 36,35 l/h. Faktor angin tidak banyak berpengaruh dalam mendorong laju ventilasi alam bersama-sama efek termal sehingga kelembaban di dalam *greenhouse* yang diteliti sangat rendah. Perbandingan antara laju ventilasi hasil pengukuran dan pendekatan teoritis menunjukkan nilai seperti yang terlihat pada Tabel 3. Untuk bukaan ventilasi ke-1, pendugaan laju aliran massa udara G1 menghasilkan rata-rata error sebesar 19,55% sedangkan pendugaan laju aliran massa udara G10 pada bukaan ventilasi ke-10 menghasilkan rata-rata error sebesar 23,95%. Error sebesar kurang dari 30% masih cukup memadai mengingat karakteristik aliran udara yang berubah-ubah dan sulit untuk diukur. Adanya perbedaan antara hasil pengukuran dan pendekatan teoritis disebabkan oleh metode pengukuran yang dilakukan secara manual dengan mengandalkan ketelitian pandangan mata, sehingga ada kemungkinan terjadi kesalahan dalam pembacaan nilai simpangan tali dari bola-bola gabus. Selain itu sifat angin yang pergerakannya berubah-ubah setiap waktu mengakibatkan kesulitan dalam keakuratan pengukuran. Suhu ruang dalam bangunan *greenhouse* yang diteliti dapat mencapai kurang lebih 42°C dengan kelembaban yang relatif kering dengan nilai rata-rata 43. Salah satu cara untuk mendapatkan laju ventilasi alam sesuai dengan yang direkomendasikan adalah dengan melakukan modifikasi desain; yaitu dengan penambahan luasan.

Tabel 3. Perbandingan laju ventilasi alam hasil perhitungan dan pengukuran.

Hari/tanggal	G1	G1	Error G1	G10	G10	Error G10
	Pengukuran	teoritis		pengukuran	teoritis	
	(kg/s)	(kg/s)		(kg/s)	(kg/s)	
Sabtu, 11 Mei 2002	17,826	22,739	0,275	13,268	17,749	0,337
	16,943	22,2255	0,311	12,004	17,349	0,445
	18,3836	21,4448	0,1665	15,0749	19,7116	0,3076
	18,0904	22,5556	0,2468	14,1609	17,6832	0,2487
	19,4736	21,9306	0,1262	15,0245	17,1057	0,1385
	18,6479	22,7042	0,2175	15,9606	17,8036	0,1155
	18,4838	21,9842	0,1894	15,0918	17,0601	0,1304
	18,8709	22,5318	0,1940	15,5306	17,4839	0,1258
	18,3248	21,7660	0,1878	13,3217	16,9809	0,2747
	19,7482	24,3441	0,2327	16,5674	19,0348	0,1489
Rabu, 22 Mei 2002	19,1564	23,5506	0,2294	12,4318	18,4815	0,4866
	17,8062	18,2502	0,0249	11,3385	14,3162	0,2626
	20,1870	24,6087	0,2190	16,2148	19,4457	0,1993
	20,9318	27,2567	0,3022	17,1968	21,3036	0,2388
	18,6606	22,8055	0,2221	11,1301	17,7348	0,5934
	20,0143	22,2672	0,1126	15,7932	17,4313	0,1037
	20,5332	22,3765	0,0898	14,7323	17,5146	0,1889
	19,9549	23,3142	0,1683	16,8706	18,0696	0,0711
	18,3885	22,9400	0,2475	12,4720	18,0131	0,4443
	18,3148	22,4723	0,2270	13,7924	17,6278	0,2781
Sabtu, 25 Mei 2002	19,2053	23,8349	0,2411	14,7993	18,4697	0,2480
	17,9589	22,5521	0,2558	13,4282	17,6169	0,3119
	19,5714	22,8489	0,1675	16,1525	17,8604	0,1057
	19,7014	23,6629	0,2011	15,9478	18,4679	0,1580
	20,4454	24,5544	0,2010	15,9424	19,0063	0,1922
	20,3062	23,5908	0,1618	17,2651	18,5260	0,0730
	19,9853	22,9108	0,1464	12,6066	17,9008	0,4200
	20,4647	22,6908	0,1088	16,7367	17,7166	0,0585
	rata-rata =		0,1955	rata-rata =		0,2395
			19,55%			23,95%



Gambar 3: Aliran udara dalam multispan greenhouse

KESIMPULAN

1. Suhu ruang tertinggi yang tercipta dalam bangunan *multispan greenhouse* dapat mencapai 42 °C dengan perbedaan 5 – 7 ° C dengan suhu luar. Kelembaban (RH) didalam bangunan rata-rata 43 relatif kering pada kondisi hari cerah.
2. Laju ventilasi alami pada *multispan greenhouse* lebih didominasi oleh efek termal. Bukaannya ventilasi dinding hanya berfungsi sebagai inlet sedangkan bukaan ventilasi atap sebagai outlet.
3. Perbandingan antara laju ventilasi hasil pengukuran dengan pendekatan teoritis menunjukkan nilai error antara 19,55% untuk bukaan ke-1 dan 23,95% untuk bukaan ke-10. Hal ini menunjukkan bahwa hasil simulasi sudah cukup memadai.
4. Efek kecepatan angin rata-rata yang melewati bukaan dinding sebesar 0,6-0,8 m/detik lebih kecil dari yang direkomendasikan yaitu 0,75 - 1,0 meter per detik.
5. Untuk mendapatkan laju ventilasi ideal perlu dilakukan modifikasi desain dengan menambah luasan ventilasi dinding dan atap bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

Brockett, B.L. and L.D. Albright. 1987. Natural Ventilation in Single Airspace Building. J. Agricultural

Engineering Research (37) : 141-154.

Esmay M.L and Dixon J.E. 1986. Environmental Control for Agricultural Buildings, The AVI Publishing Company Inc. Connecticut, USA

Hellickson, M.A. and Walker J.N. 1983. Ventilation of Agricultural Structures. An ASAE. American Society of Agricultural Engineers, Michigan, USA.

Kozai, T. and S. Sase. 1978. A Simulation of Natural Ventilation for a Multispan Greenhouse. J. Acta Horticulture (87) : 339-348.

Mastalerz, John W. 1977. The Greenhouse Environment. John Wiley and Sons, Inc. USA.

Mc Daniel, Gary L. 1979. Ornamental Horticulture. Reston Publishing Company, Inc. Virginia.

Nelson, P.V. 1981. Greenhouse Operation and Management. Reston Publishing Company, Inc. Virginia.

Randall, J.M. and C.R. Boon. 1997. Ventilation Control and Systems. Animal Science and Engineering Division, Silso Research Institute. UK.

Walls, I.G. 1975. The Complete Book of Greenhouse Gardening. Quadrangle Books. New York.

Zhang, J.S., K.A. Janni, and L.D. Jacobson., 1989. Modelling Natural Ventilation Induced by Combined Thermal Buoyancy and Wind. Transactions of the ASAE 32(6) 165-2174.