

## KADAR AIR BAHAN BAKAR PERMUKAAN DI BAWAH TEGAKAN PINUS MERKUSII

Aris Sudomo<sup>1</sup> Dan Nurhuda Prasetyo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Balai Penelitian Dan Pengembangan Teknologi Agroforestry

<sup>2</sup>Balai Penelitian Kehutanan Kupang

E-mail: [arisbpk@yahoo.com](mailto:arisbpk@yahoo.com)

**ABSTRAK** - Penelitian ini bertujuan mengetahui kadar air bahan bakar permukaan di bawah tegakan Pinus merkusii pada musim kemarau sebagai faktor yang dapat memacu terjadinya kebakaran. Metode penelitian ini adalah dengan mengambil bahan bakar permukaan di bawah tegakan Pinus merkusii. Sampel tersebut diukur kadar airnya setelah dioven pada suhu 105°C selama 24 jam. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kadar air bahan bakar yaitu curah hujan dan evaporasi dan radiasi matahari. Hasil penelitian menunjukkan unsur cuaca yang berpengaruh nyata terhadap kadar air bahan bakar hidup dan kadar air bahan bakar mati pada Pinus merkusii adalah curah hujan. Hubungan kadar air bahan bakar hidup dengan unsur curah hujan dengan persamaan  $y=238,7+42,04x+1,6x^2$  dengan nilai Koefisien determinan R<sup>2</sup> (83,2 %). Hubungan kadar air bahan bakar mati ranting dan buah dengan curah hujan masing masing dengan persamaan  $y=(54,7*2118,38+123,50*x11,9)/(2118,38+x11,9)$  dan  $Y=95,3+29,5x+0,93x^2$  semuanya dengan nilai Koefisien determinan R<sup>2</sup> terbesar >50%. Unsur cuaca yang paling berpengaruh terhadap kadar air bahan bakar mati daun adalah radiasi matahari ditunjukkan oleh nilai Koefisien determinan R<sup>2</sup> (74,8 %) dengan persamaan  $y=22,06+2,98x+0,12x^2+0,0009x^3$

Kata Kunci: Curah hujan, Evaporasi dan Pinus merkusii

### PENDAHULUAN

#### *Latar Belakang*

Kebakaran hutan pada era perubahan iklim potensi lebih sering terjadi sehingga menimbulkan kerugian ekonomi, sosial dan lingkungan. Kebakaran hutan terjadi karena potensi bahan bakar di dalam hutan. Musim kemarau yang lama berpengaruh pada pengeringan bahan bakar. Musim mempengaruhi kadar air bahan bakar, kelembaban tanah, ketebalan seresah dan lain-lain. Faktor-faktor cuaca seperti suhu, kelembaban, stabilitas udara serta kecepatan angin secara langsung mempengaruhi terjadinya kebakaran. Sifat-sifat cuaca berpengaruh terhadap kebakaran sehingga waktu terjadi kebakaran disebut cuaca kebakaran (*Fire Weather*) (Fuller, 1991).

Tingkat besar kecilnya kebakaran hutan bergantung pada proses kebakaran. Proses kebakaran sangat bergantung pada tersedianya tingkat kadar air bahan bakar yang rendah. Bahan bakar dengan kadar air rendah potensial

menyebabkan api menyala (kebakaran). Kondisi cuaca mempengaruhi kondisi bahan bakar.

Penelitian ini berusaha untuk mengetahui dan mempelajari sampai sejauh mana pengaruh faktor cuaca terhadap kebakaran hutan terutama yang berhubungan dengan kadar air bahan bakar. Kadar air bahan bakar berbanding lurus dengan kelembaban dan berbanding terbalik dengan suhu. Tujuan dari penelitian ini adalah (1) Mengetahui hubungan masing-masing unsur cuaca terhadap kadar air bahan bakar permukaan tegakan *Pinus merkusii* pada musim kemarau; (2) Mengetahui fluktuasi kadar air bahan bakar permukaan tegakan *Pinus merkusii*.

## **METODE**

### **Lokasi Dan Waktu**

Lokasi penelitian adalah tegakan pinus yang secara administratif termasuk wilayah Desa Cangkurawok Kecamatan Darmaga Kabupaten Bogor. Penelitian dilaksanakan pada musim kemarau dari bulan Mei sampai Juli.

### **Metode pengumpulan data**

#### *Teknik Pengambilan data*

Data primer yang dikumpulkan adalah kadar air bahan bakar hutan monokultur Pinus merkusii. Data sekunder cuaca dari Stasiun Klimatologi setempat terdiri dari curah hujan, temperatur, kelembaban, radiasi matahari dan evaporasi.

#### *Pengukuran suhu dan kelembaban*

Pengukuran suhu dan kelembaban di lapangan dengan memasang termometer bola basah dan bola kering tepatnya di tengah-tengah areal tegakan *Pinus merkusii*. Pengukuran dilakukan pada jam 07.00, 12.00 dan 17.00 WIB.

#### *Pengukuran kadar air di lapangan*

Petak contoh/sampel berukuran 1x1 m<sup>2</sup> untuk setiap pengamatan yang dilakukan satu minggu sekali. Pengukuran kadar air bahan bakar permukaan di ambil dari petak contoh tersebut. Semua material yang terdapat dalam petak tersebut ditimbang untuk mengetahui berat bahan bakar awal, kemudian material tersebut dipilah-pilah menjadi dua yaitu bahan bakar segar (tumbuhan bawah) dan bahan bakar mati (daun, ranting, dan buah). Setelah material dipilah-pilah dilakukan penimbangan kembali untuk mendapatkan berat basah masing-masing jenis bahan bakar permukaan lalu di oven selama 24 jam dengan suhu 105<sup>0</sup> C terhadap 3 ulangan untuk masing-masing jenis. Selanjutnya bahan bakar akan ditimbang kembali untuk mendapatkan berat kering masing-masing jenis bahan bakar permukaan. Penentuan kadar air bahan bakar dapat dihitung setelah pengovenan berdasarkan berat kering dengan menggunakan rumus:

$$KA = \frac{BB - BK}{BK} \times 100\%$$

KA = Kadar air (%)

BB = Berat basah serasah sebelum dioven (gram)

BK = Berat kering serasah setelah dioven (gram)

## HASIL

### Kadar air Bahan Bakar Di Bawah Tegakan *Pinus merkusii*.

Kadar air bahan bakar di bawah tegakan pinus merkusii dibedakan menjadi dua macam yaitu bahan bakar hidup dan bahan bakar mati. Bahan bakar hidup berasal dari tumbuhan yang hidup dibawah tegakan pinus merkusii. Bahan bakar mati berasal dari daun, ranting dan buah yang berada dibawah tegakan pinus merkusii. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kadar air bahan bakar hidup terendah di bawah tegakan *Pinus merkusi* sebesar 161 %, tertinggi sebesar 321 % dengan rata-rata total sebesar 240 % sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Kadar air bahan bakar hidup (tumbuhan bawah) pada tegakan *Pinus merkusii* berfluktuasi selama periode penelitian. Hal ini disebabkan kondisi cuaca dan adanya variasi jenis tumbuhan bawah seperti rumput, liana, dan tumbuhan bawah yang berdaun lebar. Dari hasil analisa vegetasi jenis tumbuhan bawah yang hidup dominan di bawah tegakan *Pinus merkusii* adalah *Nephrolepis biserrata*. Walaupun pengamatan dilakukan seminggu sekali selama 2 bulan tetapi perbedaan suhu dan kelembaban selama penelitian menyebabkan variasi kadar air.

Tabel 1. Kadar air bahan bakar hidup di bawah tegakan *Pinus merkusii*

Tanggal	Kadar Air (%)			Rata-rata (%)
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	
Minggu Ke-3 Mei	258	316	388	321
Minggu Ke-4 Mei	242	216	240	233
Minggu Ke-1 Juni	256	235	229	240
Minggu Ke-2 Juni	183	120	181	161
Minggu Ke-3 Juni	295	215	230	247
Minggu Ke-4 Juni	204	225	218	216
Minggu Ke-1 Juli	240	296	297	278
Minggu Ke-2 Juli	218	225	228	224
<b>Rata-rata total</b>				<b>240</b>

Kadar air bahan bakar mati dipisahkan menjadi 3 bagian yaitu ranting, daun dan buah. Kadar air bahan bakar mati ranting cenderung semakin turun karena semakin mendekati musim kemarau. Sedangkan kadar air daun justru semakin naik karena daun yang berjatuhan semakin banyak sehingga mempengaruhi ketersediaan kadar air yang secara akumulatif makin besar. Kadar air buah masih menunjukkan angka yang flutuatif dimana pada awal tinggi kemudian menurun dan naik kembali. Data kadar air bahan bakar mati secara keseluruhan flukuatif karena selain dipengaruhi cuaca juga dipengaruhi biomassa yang dihasilkan pada plot yang bervariasi. Rata-rata kadar air terendah dikandung oleh serasah daun yaitu sebesar 62 %, kemudian buah sebesar 78 % dan kadar air tertinggi pada ranting sebesar 83 % sebagaimana disajikan Tabel 4.

Tabel 2. Kadar air bahan bakar mati di bawah tegakan *Pinus merkusii*

Tanggal	Kadar air ranting (%)			Rata-rata	Kadar air daun (%)			Rata-rata	Kadar air buah (%)			Rata-rata
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	
Minggu Ke-3 Mei	80	102	118	100	62	59	70	64	-	-	-	-
Minggu Ke-4 Mei	116	100	189	135	64	85	84	78	141	143	29	104
Minggu Ke-1 Juni	68	91	78	79	30	35	49	38	81	85	110	92
Minggu Ke-2 Juni	17	29	18	21	21	22	24	22	41	35	44	40
Minggu Ke-3 Juni	102	81	153	112	81	76	66	74	116	64	139	106
Minggu Ke-4 Juni	72	99	52	74	58	73	76	69	74	81	113	89
Minggu Ke-1 Juli	35	61	38	45	44	43	43	43	64	54	58	59
Minggu Ke-2 Juli	91	117	89	99	92	115	123	110	92	172	101	122
<b>Rata-rata total</b>				<b>83</b>				<b>62</b>				<b>78</b>

Daun, ranting, buah dan tumbuhan berdasarkan ukuran termasuk bahan bakar halus. Bahan bakar ini sangat mudah dipengaruhi lingkungan sekitarnya, mudah mengering tetapi mudah pula menyerap air. Fuller (1991) menyatakan bahwa bahan bakar dengan kadar airnya dapat digambarkan berdasarkan ukurannya, karena bahan bakar yang berukuran kecil dan kering akan menyerap air lebih cepat daripada yang berukuran besar. Setelah terjadi hujan, persentase kadar air bahan bakar menurun drastis dibandingkan saat awal, derajatnya turun dan akhirnya seimbang dengan lingkungan sekitarnya. Tetapi pada kenyataannya bagaimanapun kadar air bahan bakar tidak akan seimbang dengan lingkungan karena kadar air akan selalu berubah sesuai dengan perubahan suhu, kelembaban, dan radiasi matahari.

Banyak faktor yang mempengaruhi kadar air bahan bakar mati pada tegakan *Pinus merkusii*. Fluktuasi kadar air bahan bakar mati pada tegakan *Pinus merkusii* dipengaruhi jenis, bentuk dan komposisi bahan bakar yang berbeda-beda serta kondisi cuaca di bawah tegakan. Bila dilihat dari bentuk morfologinya, *Pinus merkusii* memiliki daun berbentuk seperti jarum dengan permukaan yang luas sehingga mudah kering. Sedangkan ranting *Pinus merkusii* berukuran besar dan padat, mengandung air yang cukup banyak. Buah *Pinus merkusii* tidak cepat basah dan kering. Secara morfologi buah *Pinus merkusii* terdiri dari beberapa sisik berkayu, masing-masing dengan satu biji membentuk kerucut yang sangat

potensial menyimpan air. bahan bakar yang lambat basah dan lambat kering kadar airnya cenderung stabil, tidak cepat mengering sehingga sulit terbakar (Chandler et al, 1983).

## PEMBAHASAN

### Pengaruh faktor Cuaca terhadap Kadar Air Bahan Bakar.

#### 1. Kondisi cuaca di lokasi penelitian

Kondisi cuaca merupakan rata-rata dari masing-masing unsur suhu, kelembaban, radiasi matahari, kecepatan angin, curah hujan selama 5 tahun terakhir sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata unsur cuaca daerah Darmaga, Bogor

Bulan	Unsur Cuaca							
	Suhu rata-rata (°C)	Suhu Maksimum (°C)	Suhu minimum (°C)	Kelembaban relatif (%)	Radiasi matahari (%)	Kecepatan angin (Km/jam)	Curah hujan (mm)	Hari hujan (hari)
Januari	25,3	29,9	22,7	87,4	38,7	2,6	366	26
Februari	<b>24,9</b>	<b>29,1</b>	22,6	88,4	<b>28,5</b>	3,1	388	26
Maret	25,7	30,9	23	85,8	47,9	2,4	271	24
April	25,9	31,6	23,1	85,8	61,4	2,0	385	24
Mei	26,1	31,6	23,0	85,2	72,7	1,9	380	22
Juni	25,5	31	22,2	83,8	67,8	1,7	266	14
Juli	25,4	31,2	<b>21,9</b>	81,6	78,9	<b>1,7</b>	257	14
Agustus	25,6	31,9	22,2	<b>78,6</b>	85,2	2,3	<b>155</b>	<b>12</b>
September	25,7	32,4	22,3	78,6	80,9	2,2	267	15
Oktober	25,9	31,9	22,6	83,2	62,2	2,1	354	21
November	25,9	31,2	22,9	86,2	50,6	1,8	381	25
Desember	25,7	30,8	22,6	85,0	46,9	2,2	233	23
<b>Rata-rata</b>	<b>25,6</b>	<b>31,1</b>	<b>22,6</b>	<b>84,1</b>	<b>60,2</b>	<b>2,2</b>	<b>309</b>	<b>20</b>

Sumber : Badan Meteorologi dan Geofisika Badan Wilayah II, Stasiun Klimatologi Darmaga-Bogor.

Suhu di bawah tegakan *Pinus merkusii* berkisar antara 25,5 - 28,3 °C dengan rata-rata sebesar 26,6 °C. Selain itu tabel ini menunjukkan kelembaban udara di bawah tegakan *Pinus merkusii* berkisar antara 75 % - 93,8 % dengan rata-rata sebesar 85,7 % sebagaimana disajikan pada Tabel 4. Suhu mempunyai korelasi negatif dengan curah hujan, curah hujan mempunyai korelasi negatif dengan radiasi matahari, kelembaban mempunyai korelasi negatif dengan evaporasi dan radiasi matahari, kelembaban mempunyai korelasi positif dengan curah hujan, dan evaporasi mempunyai korelasi positif dengan radiasi matahari.

Tabel 4. Kondisi cuaca di bawah tegakan *Pinus merkusii* selama periode Mei-Juli

Hari/ tanggal	Waktu*	Suhu (°C)*	Kelembaba n relatif (%)*	Curah hujan (mm)**	Evaporasi (mm)**	Radiasi matahar i 8 jam (%)**
Minggu ke-3 Mei	07.00	23,7	94,3	24	4,8	69
	12.00	29,8	81,7			
	17.00	26,5	92			
<b>Rata-rata</b>		26,7	89,3			
Minggu Ke-4 Mei	07.00	22,7	85,7	0	3,9	100
	12.00	30,3	63,3			
	17.00	26,0	76			
<b>Rata-rata</b>		26,3	75			
Minggu Ke-1 Juni	07.00	23,7	97,3	4	3,9	100
	12.00	31,7	72			
	17.00	28,7	80,2			
<b>Rata-rata</b>		28	83,2			
Minggu Ke-2 Juni	07.00	24,2	98,7	0	2,4	48
	12.00	29,3	82,7			
	17.00	23	100			
<b>Rata-rata</b>		25,5	91,3			
Minggu Ke-3 Juni	07.00	27,3	100	2	4,2	100
	12.00	29,7	64,3			
	17.00	28	85			
<b>Rata-rata</b>		28,3	83,1			
Minggu Ke-4 Juni	07.00	23,7	94,3	0	2,2	34
	12.00	27,7	79,3			
	17.00	27	89			
<b>Rata-rata</b>		26,1	87,6			
Minggu Ke-1 Juli	07.00	25	84	0	3,0	51
	12.00	30	67,3			
	17.00	25	96			
<b>Rata-rata</b>		26,7	82,4			
Minggu Ke-2 Juli	07.00	23,5	100	66	0	41
	12.00	28,5	81,3			
	17.00	24	100			
<b>Rata-rata</b>		25,3	93,8			
<b>Rata-rata total</b>		<b>26,6</b>	<b>85,7</b>			

Curah hujan yang banyak biasanya berhubungan erat dengan jumlah sinar matahari yang sedikit. Kelembaban udara menyatakan banyaknya uap air dalam udara yang tidak konstan, bervariasi antara 0 sampai 5 %. Adanya variabilitas kandungan uap air dalam udara berdasarkan tempat maupun waktu adalah penting karena uap air mempunyai sifat menyerap radiasi bumi sehingga

menentukan cepat lambat hilangnya panas dari bumi yang juga menentukan suhu. Ciri pokok daerah tropika yaitu sinar matahari yang berlimpah dan ketersediaan sinar matahari mempunyai hubungan erat dengan curah hujan (Wisnubroto et al. 1986)

**2. Hubungan Unsur-unsur Cuaca dengan Kadar Air Bahan Bakar di bawah Tegakan *Pinus merkusii***

Menurut Manan (1982), sinar matahari yang jatuh di atas tanaman mempengaruhi kecepatan transpirasi atau kehilangan air. Kadar air bahan bakar juga sangat ditentukan oleh kondisi cuaca pada saat pengukuran, terutama cerah tidaknya matahari. Unsur cuaca lain yang berpengaruh adalah curah hujan, suhu dan kelembaban udara. Angin juga berpengaruh terhadap pengeringan suatu bahan bakar, perubahan suhu dan kelembaban di sekitar bahan bakar tidak lepas dari unsur cuaca yang saling mempengaruhi. Faktor lain yang berpengaruh terhadap kadar air bahan bakar yaitu jenis bahan bakar. Bahan bakar hidup memiliki kadar air yang lebih tinggi daripada kadar air bahan bakar mati. Jika terjadi hujan, kadar air bahan bakar mati akan lebih tinggi karena mampu menahan air lebih banyak dibandingkan bahan bakar hidup.

Berdasarkan hasil analisis regresi menunjukkan bahwa hubungan kadar air bahan bakar hidup *Pinus merkusii* dengan curah hujan erat. Hal ini dibuktikan dengan nilai koefisien determinasi yang besar yaitu sebesar 83,2 %. Model persamaan ini dapat digunakan untuk memprediksi kadar air bahan bakar hidup di bawah tegakan *Pinus merkusii* karena memiliki nilai  $R^2 \geq 50$  % sebagaimana diasjikan pada Tabel 5.

Penutupan tajuk pada tegakan *Pinus merkusii* tidak terlalu rapat sehingga berpengaruh pada tingkat penguapan (evaporasi) di lantai hutan serta intensitas sinar matahari yang mencapai lantai hutan. Kondisi ini juga mempengaruhi kelembaban pohon-pohon terutama bila pohon-pohonnya rapat. Faktor yang mempengaruhi proses pengeringan bahan bakar hidup adalah radiasi matahari dan evaporasi (Kartasapoetra, 1993)

Tabel 5. Hubungan variabel kadar air bahan bakar hidup dan curah hujan pada tegakan *Pinus merkusii*

No	Variabel tidak bebas (Y)	Variabel bebas (x)	Koefisien determinan $R^2$ (%)	Persamaan
1	Kadar air bahan bakar hidup (%)	Curah hujan (mm)	83,2	Quadratic Fit: $y=a+bx+cx^2$ Coefficient Data: a =238.66667 b =-42.046703 c =1.606685

Berdasarkan analisis regresi emnunjukkan bahwa hubungan antara kadar air ranting, kadar air daun dan kadar air buah *Pinus merkusii* terhadap unsur

curah hujan, evaporasi, radiasi matahari, suhu dan kelembaban diperoleh beberapa model persamaan dengan koefisien determinasi yang berbeda-beda. Persamaan regresi antara kadar air ranting *Pinus merkusii* dengan curah hujan memiliki koefisien determinasi terbesar yaitu sebesar 74,1 %, berarti unsur ini memiliki hubungan yang paling erat dengan kadar air ranting di bawah tegakan *Pinus merkusii* dibanding unsur cuaca lainnya. Begitu pula halnya hubungan kadar air daun dengan radiasi matahari memiliki koefisien determinasi sebesar 74,8 %. Hubungan kadar air buah dengan curah hujan memiliki koefisien determinasi sebesar 80,4 %. Semua model persamaan tersebut dapat digunakan untuk memprediksi kadar air bahan bakar mati karena memiliki koefisien determinasi  $\geq 50$  % sebagaimana disajikan pada Tabel 6

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa unsur curah hujan paling berpengaruh nyata daripada unsur cuaca lainnya, baik pada bahan bakar hidup maupun bahan bakar mati, terkecuali pada kadar air bahan bakar mati daun. Hal ini karena daun *Pinus merkusii* berbentuk seperti jarum dengan permukaan yang luas sehingga mudah kering setelah terkena radiasi matahari. Radiasi matahari selain berpengaruh pada proses fotosintesis juga berpengaruh pada proses penguapan atau evaporasi, banyaknya kadar uap air yang ada di udara sangat berpengaruh pada tingkat kelembaban dan merupakan sumber utama untuk timbulnya hujan. (Kartasapoetra, 1993)

Tabel 6. Hubungan kadar air bahan bakar mati dan curah hujan pada tegakan *Pinus merkusii*

No	Variabel tidak bebas (y)	Variabel bebas (x)	Koefisien determinan R <sup>2</sup> (%)	Persamaan
1	Kadar air ranting (%)	Curah hujan (mm)	74,1	MMF Model: $y=(a*b+c*x^d)/(b+x^d)$ Coefficient Data: a =54.744038 b =2118.3784 c =123.50165 d =11.94793
2	Kadar air daun (%)	Radiasi matahari (%)	74,8	3rd degree Polynomial Fit: $y=a+bx+cx^2+dx^3 \dots$ Coefficient Data: a =22.064675 b =-2.9833187 c =0.12182031 d =-0.00089523758
3	Kadar air buah (%)	Curah hujan (mm)	80,4	Quadratic Fit: $Y=a+bx+cx^2$ Coefficient Data: a = 95,333333 b =-29,532967 c = 0,93315018

## KESIMPULAN

1. Unsur cuaca yang paling berpengaruh terhadap kadar air bahan bakar hidup dibawah tegakan *Pinus merkusii* adalah curah hujan ditunjukkan oleh nilai Koefisien determinan  $R^2$  (83,2 %) dengan persamaan  $y=238,7+42,04x+1,6x^2$ .
2. Unsur cuaca yang paling berpengaruh terhadap kadar air bahan bakar mati ranting adalah curah hujan ditunjukkan oleh nilai Koefisien determinan  $R^2$  (74,1 %) dengan persamaan  $y=(54,7*2118,38+123,50*x^{11,9})/(2118,38+x^{11,9})$ .
3. Unsur cuaca yang paling berpengaruh terhadap kadar air bahan bakar mati daun adalah radiasi matahari ditunjukkan oleh nilai Koefisien determinan  $R^2$  (74,8 %) dengan persamaan  $y=22,06+2,98x+0,12x^2+0,0009x^3$
4. Unsur cuaca yang paling berpengaruh terhadap kadar air bahan bakar mati buah adalah curah hujan ditunjukkan oleh nilai Koefisien determinan  $R^2$  (80,4 %) dengan persamaan  $Y=95,3+29,5x+0,93x^2$

## PENGHARGAAN (acknowledgement)

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dosen Institut Teknologi Bogor. Kepada teman-teman yang telah membantu pengambilan data. Dan Kepada Pejabat Balai Penelitian Dan Pengembangan Teknologi Agroforestry yang telah mengizinkan untuk menghadiri seminar Universitas Muhammadiyah Surakarta.

## REFERENSI

- Chandler, C.,P. Cheney,L. Trabaud , and D. William.1983 .Fire in Forestry Vol.1 Forest Fire Behaviour and Effects. John Wiley and Sons, Inc. New York. 450 halaman.
- Fuller, M. 1991. Forest Fire An Introduction to Wildland Fire Behaviour, Management,Fire Fighting and Prevention. Jhon Wiley and Sons. Inc. Canada.
- Kartasapoetra, A.G. 1993 . Klimatologi ; Pengaruh Cuaca Terhadap Tanah dan Tanaman. Bumi Aksara. Jakarta . 134 halaman.
- Wisnubroto, S., Siti L.S. dan Mulyano N. 1986. Asas-asas Meteorologi Pertanian.Ghalia. Indonesia. halaman: 9-37.