

© 2004 I. G. K. Tapa Darma
Makalah Pribadi Falsafah Sains (PPS 702)
Sekolah Pasca Sarjana / S3
Institut Pertanian Bogor
Desember 2004

Posted: 12 December, 2004

Dosen:
Prof Dr Ir Rudy C Tarumingkeng, M F (Penanggung Jawab)
Prof. Dr. Ir. Zahrial Coto, M.Sc
Dr. Ir. Hardjanto, M.S

BLUE STAIN, PERUSAK WARNA KAYU

Oleh:
I. G. K. TAPA DARMA
IPK/E 061040071
igktapadarma@yahoo.com

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perusakan warna kayu atau *wood stain* disebabkan oleh berbagai macam penyebab atau *causes* sehingga warna kayu berubah dari warna normal menjadi warna lain atau *stain*, kayu yang demikian dianggap telah mengalami kemunduran kualitas atau *deterioration* karena sesungguhnya ada sebagian komponen kayu yang rusak atau *degrade*. Secara umum perubahan warna kayu berarti hilangnya warna kayu atau *discoloration* dari cerah menjadi suram atau dari warna tua menjadi muda. Stain adalah *discoloration* juga, tetapi perubahan warna kayu yang asli ke warna lain, sehingga kayu nampak suram atau *shade*.

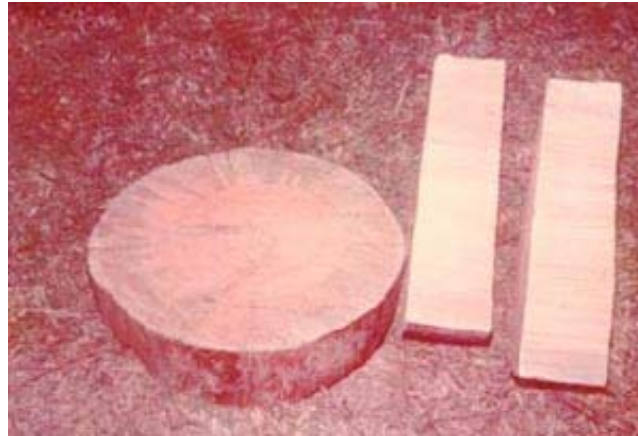
Tergantung dari macam penyebabnya, stain dapat terjadi baik pada kayu daun jarum atau kayu daun lebar sejak kayu masih berdiri, atau berupa dolok, kayu gergajian, serpihan dan bubur kayu, barang jadi dan kayu pasangan (Christensen dan Kaufert, 1942 dalam Boyce, 1961; Hunt dan Garratt, 1953). Stain ini menimbulkan kerugian besar pada industri perkayuan. Meskipun untuk sementara, stain masih dianggap tidak menurunkan kekuatan kayu, tetapi berkurangnya keindahan kayu mengurangi peminat pemakai. Ada pendapat bahwa kayu yang terserang stain juga telah terserang *decay* (busuk kayu) dan telah dibuktikan bahwa kayu yang terserang stain lebih mudah terserang *decay* (Scheffer, 1973).

Beberapa jenis kayu Indonesia yang umum dipakai rakyat sangat mudah terserang stain seperti pinus, albizia, ramin, cempaka, damar, cemara, meranti, karet, jelutung, dan lain-lain. Perubahan warna sangat mencolok terjadi di atas warna terang kayu aslinya. Ketika kayu masih berlimpah-limpah di hutan, ramin belum mendapat perhatian untuk dimanfaatkan karena mudah terserang pewarna biru atau *blue stain*. Kemudian dalam perkembangan eksploitasi hutan Indonesia, ramin banyak diminati karena warnanya yang mewah dan sesuai untuk mode furnitur yang terakhir.

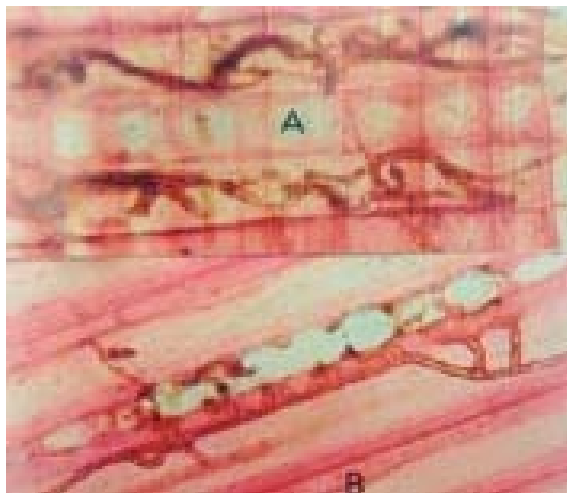
Penanggulangan terhadap perusak warna menjadi berkembang, sehingga kerusakan warna mewah kayu ramai dapat dikendalikan, walaupun belum dapat dicegah secara baik.

Tujuan Penulisan

Makalah ini bertujuan untuk menjelaskan berbagai aspek penting dari blue stain sebagai perusak warna kayu, antara lain mengenai jamur penyebab blue stain, syarat pertumbuhan jamur blue stain, pengaruh blue stain terhadap kekuatan kayu, dan cara penanggulangan blue stain.



Gambar 1. Serangan blue stain pada kayu pinus (foto oleh : I G.K Tapa Darma).



Gambar 2. Distribusi hifa *Ceratocystis ips* Rumb. Pada kayu pinus. Nampak kerusakan sel jari-jari kayu. (foto oleh : I G.K Tapa Darma).

PENDEKATAN PERMASALAHAN

Dasar Pemikiran dalam pendekatan permasalahan blue stain sebagai perusak warna kayu adalah bahwa untuk mendapatkan kayu yang terbebas dari serangan blue stain, maka perlu dilakukan tindakan pencegahan. Pencegahan serangan blue stain dapat dilakukan dengan baik secara kimia maupun secara non-kimia. Kedua cara-cara tersebut telah banyak dipraktekkan, namun cara-cara non-kimia lebih banyak diminati dan masih terus dilakukan penelitian untuk mendapatkan cara yang paling efektif dan efisien, aman bagi lingkungan dan manusia, serta dikehendaki oleh para pembeli kayu. Umumnya, cara non-kimia adalah dengan memanipulasi faktor-faktor lingkungan perkembangan jamur penyebab blue stain, misalnya dengan memanipulasi kadar air kayu, suhu udara atau pH substrat tumbuh jamur blue stain.

Umum telah diketahui, setiap jenis jamur mempunyai respon yang berbeda terhadap lingkungan. Oleh karena itu jenis jamur yang menyebabkan blue stain tersebut perlu diketahui, cara yang paling tepat adalah dengan cara mengidentifikasinya

Dengan diketahuinya berbagai faktor lingkungan yang mempengaruhi perkembangan jamur blue stain tersebut, maka cara-cara pencegahan blue stain akan lebih tepat. Serangan blue stain menimbulkan banyak kerugian, adanya perusakan warna kayu tidak diinginkan oleh pemakai. Pemakai yang menginginkan keamanan pemakai, maka efek dari blue stain terhadap sifat fisik mekanik kayu perlu diketahui.

JAMUR PENYEBAB BLUE STAIN

Blue stain pada kayu disebabkan oleh sejumlah jamur yang termasuk dalam genera *Endoconidiophora*, *Ophiostoma*, dan *Ceratocystis* dari famili *Ascomycetes* (Hunt, 1956) dan *Alternaria*, *Cladophora*, *Diplodia*, *Discula*, *Graphium*, *Hormodendrum*, *Hormorema*, *Leptographium*, *Scherophoma*, *Sphaeropsis*, dan *Trichosporium* dari fungi Imperfecti (Lagerberg, Lundberg dan Melin, 1927; Nisikado dan Yamauti, 1933-1935; Verral, 1939; 1941 dalam Boyce, 1961) dan *Cytospora* dan *Curvularia* (Eusebio, 1958, 1969) dan *Botryodiplodia* (Hong, 1978).

Di Amerika Serikat, *Ceratocystis* merupakan penyebab blue stain yang paling umum pada dolok ataupun kayu gergajian (Boyce, 1961). Di Philippina Eusebio (1969) mengemukakan bahwa *Ceratocystis*, *Graphium*, *Curvularia*, *Alternaria*, dan *Diplodia* menyerang *Endospermum peltatum*, *Aleurites moluccana*, dan *Polyscias nodosa*.

Penamaan *Ceratocystis*

Sifat-sifat blue stain pertamakali dikenal oleh R. Hartig (1878) Bapak Ilmu Penyakit Hutan, mengidentifikasi penyebab blue stain adalah *Ceratostoma pilifera* dari kelas *Pyrenomycetes*. Saccardo memisahkan dari jenis-jenis *Ceratostoma* yang mempunyai spora hyaline (bening) sebagai genus *Ceratostomella*. Bertahun-tahun *Ceratostomella pilifera* (Fr.) Wint dianggap

khusus penyebab blue stain. Munch (1950) dalam Hunt (1956) adalah orang yang pertama kali meneliti secara menyeluruh jamur blue stain. Karyanya sampai sekarang masih dianggap paling penting. Dia menunjukkan bahwa sesungguhnya *C. pilifera* terdiri dari banyak jenis. Ia menjelaskan adanya jenis baru dari *Ceratostomella*:

- (1) *Ceratostomella pini* dianggap jenis yang paling penting penyebab blue stain pada *Pinus sylvestris* L., memiliki perithecia terkecil (80 μ);
- (2) *C. piceal*, *C. cana*, dan *C. caerulea* sebagai grup *pilifera*, memiliki perithecia yang hampir sama (160 - 240 μ), tetapi diantaranya dapat dibedakan dengan bentuk spora sekundernya.

Munch juga menyatakan *Endoconidiophora* mempunyai perithecia sama dengan *Ceratostomella* tetapi dapat dibedakan dari *Chalora ungeri* dengan tidak biasanya terdapat tingkat konidia. Lagerberg *et. al.* (1927) dalam Hunt (1956) membuat penelitian yang detil tentang penyebab blue stain pada *Pinus* dan *Spruce*, yaitu lima jenis dari Ceratostomataceae, tiga jenis dari Sphaeropsidaceae, dan delapan jenis dari Hypnomycetes. Jenis yang dianggap paling penting adalah: *C. caeruleae* Munch, *C. pini* Munch, *Endoconidiophora caerulescens* Munch, *Hormonema dematioides* Lag., dan Melin (Syn.), *Dematium pullulans* (de Bary) Berkant, *Homodendrum cladosporioides* (Fres.) Sacc. (Syn. *Clodosporium herbarum* Link.), *Cadophora fastigiata* Lag and Melin.

Nomenklatur jamur blue stain yang disebut *Ceratostomella* di atas ditelaah oleh Bakshi (1951) dalam Hunt (1956), jenis yang ascinya mudah terlepas dan ascosporanya unicellular tersusun secara tidak teratur disebut *Ceratocystis* sedangkan yang lainnya disebut *Ceratostomella*, mempunyai asci yang persisten dan ascosporanya berseptata tiga.

Hunt (1958) membuat taxonomi *Ceratocystis* dengan teliti dan dipakai sampai sekarang. Selain itu Griffin (1966) juga telah mempelajari dan memperkenalkan genus *Ceratocystis* yang terdapat di Ontario, Amerika Serikat.

Menurut Alexopoulos (1961) *Ceratocystis* termasuk kelas Ascomycetes, sub kelas Euascomycetidae, series Plectomycetes, ordo Microascales, famili Ophiostomatoceae.

SYARAT PERTUMBUHAN JAMUR

Jamur blue stain tumbuh dan berkembang pada kayu gubal dan semua jenis kayu, tetapi kayu daun jarum lebih mudah terserang. Kayu teras atau kayu gubal yang masih di pohon telah dilaporkan juga terserang jamur stain (Boyce, 1961). Umumnya jamur blue stain berkembang baik pada kayu yang telah dipotong, dolok, gergajian, dan lain-lain bahan kayu selama proses pengerjaan sampai kering. Meskipun kayu kering bebas jamur stain namun bila kembali lembab akan terserang juga walau berkembangnya jauh lebih lambat (Scheffer dan Lindgren, 1940).

Jamur stain untuk tumbuh dan berkembang dengan cepat dan hebat memerlukan persediaan makanan yang cukup baik kuantitas maupun kualitasnya di dalam kayu, kelembaban, dan suhu yang sesuai.

1. Kebutuhan bahan makanan

Persediaan bahan makanan dalam kayu gubal terdapat di dalam sel parenchyma baik dalam ray parenchyma maupun dalam *longitudinal parenchyma*, saluran resin atau gum. Bahan makanan tersimpan terutama berupa karbohidrat dan bahan organik lain yang diperlukan oleh jamur sebagai sumber karbon untuk berbagai keperluan proses metabolisme. Jamur ini kurang mampu merombak selulosa, karenanya hanya memerlukan karbohidrat sederhana (Hunt dan Garratt, 1953; Scheffer dan Lindgren, 1940).

Percobaan perbandingan, pertumbuhan jamur stain pada media malt ekstrak agar dari kayu gubal *Pinus kesiya*. Jamur stain lebih cepat tumbuh pada malt ekstrak agar, berarti pada malt ekstrak agar karbohidrat sederhana lebih cepat tersedia (Tapa Darma, 1984). Kemungkinan kayu teras tidak atau jarang terserang oleh jamur stain adalah karena bahan makanan yang diperlukan jamur sudah dirubah sewaktu terjadinya proses perubahan kayu gubal ke kayu teras.

2. Kebutuhan air dan oksigen

Air dan oksigen harus dipandang secara bersama-sama karena adanya di dalam kayu sangat tergantung satu terhadap yang lainnya. Blue stain sangat jarang berkembang pada pohon yang masih berdiri, mungkin karena kadar air kayu yang sangat tinggi atau oksigen tidak cukup tersedia di dalam sel kayu buat perkembangan blue stain yang rupanya intoleran terhadap kondisi yang anaerobic. Meskipun demikian, kadar air tinggi dari pohon bagi jenis jamur tertentu (dari Amerika Serikat Bagian Selatan) tidak dapat menunjukkan sebagai penghambat pertumbuhan jamur blue stain. Lagerberg *et al.* (1927) dalam Boyce (1961) dan Munch menyatakan oksigen sangat berpengaruh terhadap perkembangan jamur blue stain di dalam kayu yang berkadar air rendah dimana ruang sel sebagian besar diisi oleh udara, maka kadar air kayu menjadi pembatas perkembangan jamur. Kayu harus mengandung cukup oksigen dan air bebas di dalam sel agar miselium mampu berkembang. Hal ini tercapai pada kadar air di atas titik jenuh serat (fiber saturation point).

Kadar air minimum, maksimum atau optimum bagi jamur blue stain sangat tergantung kepada jenis jamur, substrat, dan kondisi lain dari tempat tumbuh. Umumnya keadaan air di bawah fiber saturation point menghambat pertumbuhan jamur. Untuk maksud-maksud praktis, kadar air 20% atau berat kering oven dipakai patokan batas kadar air terendah kayu bebas dari serangan blue stain (Boyce, 1961).

Kondisi yang paling cocok untuk terjadinya penyebaran mycelium jamur blue stain dalam kayu yaitu ketika kayu pada kondisi mengering secara perlahan-lahan, jamur mengikuti daerah keringnya kayu dan luar ke dalam dimana pada daerah ini terjadi keseimbangan kadar air dan oksigen untuk pertumbuhannya. Jamur blue stain berkembang lebih hebat pada kayu yang baru pertama kali mengering (kondisi baru terbang) dan kayu yang sudah pernah kering dan basah kembali. Kemungkinan banyaknya pembentuk koloid-koloid dari isi sel kurang tersedia buat jamur sesudah berkoagulasi karena pengeringan dan kandungan bahan makanan di dalam sel menurun

jumlahnya. Hal ini karena terjadinya respirasi sel parenchyma yang masih hidup (Boyce, 1961).

3. Suhu

Suhu optimum untuk pertumbuhan jamur blue stain ada diantara 22 – 30° C, di bawah suhu ini pertumbuhan masih tetap berlangsung. Meskipun pada suhu mendekati di bawah titik beku pertumbuhan berhenti, namun jamur tidak akan mati. Tetapi apabila kondisi tumbuh kembali membaik, jamur akan kembali berkembang. Pertumbuhan jamur blue stain akan berhenti pada suhu 35° C. Kebanyakan daripadanya akan mati, apabila diberi suhu tersebut dalam waktu lama (Holtam, 1966).

Suhu optimum untuk pertumbuhan *Ceratocystis ips* Rumb. dan *Verticillium* sp baik pada media malt ekstrak agar maupun pada kayu *Pinus kesiya* adalah 28° C (Tapa Darma, 1984). Hasil penelitian Hong (1980) menyatakan bahwa suhu optimum untuk pertumbuhan *Botryodiplodia theobromae* Path. yang menyebabkan blue stain pada kayu jelutung adalah sekitar 25° C.

PENGARUH BLUE STAIN TERHADAP KEKUATAN KAYU

Pengaruh blue stain terhadap kekuatan kayu telah diteliti secara intensif oleh banyak peneliti. Findlay dan Pettifor (1937), Chapman dan Scheffer (1940) menyatakan bahwa blue stain berpengaruh tidak nyata terhadap kekuatan tekan dan lengkung kayu, tetapi terhadap beban tiba-tiba (toughness) mungkin sangat berpengaruh. Findlay dan Pettifor (1937) menemukan bahwa toughness dari kayu yang terserang hebat oleh blue stain berkurang sebesar 30 persen dari kayu yang sehat. Sedangkan kayu yang disterilkan secara berselang-seling dengan uap air, merangsang pertumbuhan jamur dengan hebat, sehingga mengakibatkan menurunnya toughness sebesar 40 persen. Tapa Darma (1984) melaporkan bahwa toughness kayu *Pinus kesiya* Royle ex Gordon yang ditulari dengan *Ceratocystis ips* Rumb. dan *Verticillium* sp. menurun masing-masing sebesar 4,7 dan 11,9 persen untuk kayu yang disimpan selama satu bulan inkubasi dan masing-masing 7,4 dan 15,8 persen untuk kayu yang disimpan selama dua bulan inkubasi.

Chapman dan Scheffer (1940) menyatakan bahwa kayu gubal pinus yang terserang hebat oleh blue stain, biasanya mengalami penurunan berat jenis 1 – 2 persen dan toughness 15 – 30 persen. Cartwright dan Findlay (1958) melaporkan bahwa kayu-kayu daun lebar dari daerah tropis yang terserang blue stain menurun kekuatannya antara lain toughness menurun 43% juga, Eusebio (1968) melaporkan adanya pengurangan toughness kayu *P. strobes* L. yang terserang blue stain sebesar 0,46 – 42,9 persen tergantung dari cara penetrasi dan jenis jamur.

PENANGGULANGAN BLUE STAIN

Penanggulangan blue stain banyak dibicarakan oleh Scheffer dan Lindgreen (1940), Boyce (1961), Levi (1975), Supriana (1976). Cara penanggulangannya hanya bersifat pencegahan sebab sekali pewarnaan terjadi, tidak dapat diberantas (Boyce, 1961). Kayu yang kering atau sama sekali basah tidak dapat diserang blue stain tetapi hal ini tentu saja kurang praktis dalam pemakaian. Yang paling efektif untuk pencegahan blue stain adalah pengeringan kayu secepatnya terutama kayu gergajian, sesudah dibelah harus secepat mungkin dikeringkan baik kering udara maupun kering tanur (oven). Pengeringan lapisan permukaan kayu dapat mencegah berkembangnya jamur blue stain lebih lanjut karena kayu kering dapat berlaku sebagai barier perkembangan jamur. Log yang baru ditebang dapat terhindar dari serangan jamur stain dengan segera mengeringkannya, ini dapat dilakukan dengan penggergajian (konversi) atau membuat keadaan kayu melebihi kadar air yang diperlukan oleh jamur untuk pertumbuhannya; dengan merendam log dalam air atau menyemprot terus-menerus dengan air. Kondisi kayu di bawah kadar air atau di atas kadar air perkembangan jamur blue stain, sangat efektif untuk pencegahan blue stain (Scheffer dan Lindgreen, 1940; Boyce, 1961; Levi, 1973; Supriana, 1976).

Pencegahan serangan blue stain dapat juga dilakukan dengan pembuatan konstruksi yang tepat. Maksudnya adalah untuk mencegah akumulasi air pada tempat-tempat bahan makanan dalam sel kayu. Kayu-kayu yang diteres, kecil kemungkinannya untuk diserang jamur blue stain ini (Levi, 1973).

Beberapa studi telah dilakukan dalam rangka proteksi kayu terhadap jamur dengan bahan kimia. Beberapa bahan kimia yang sudah berhasil untuk mencegah perkembangan jamur blue stain dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis senyawa kimia dan jumlahnya untuk penggunaan pencegahan blue stain

No.	Produk	Jumlah dalam 100 galon air (pound)
1.	Borax	32
2.	Dowicide C _T (Sodium pentachlorophenate)	7
3.	Dowicide H (Sodium tetra chlorophenate)	5
4.	Lignasan (Ethyl mercuri phosphate)	2
5.	Pernatox 10 _S (Sodium penta chlorophenate)	10
6.	Santobrite (Sodium penta chlorophenate)	7
7.	Campuran: 1	
	Lignasan	1
	Dowicide C _T atau Santobrite	4
8.	Campuran: 2	
	Lignasan	1/2
	Dowicide C _T atau Santobrite	2
	Borax	6

Sumber: Verall dan Scheffer, 1949 dan Verall dan Moah, 1951 dalam Boyce (1961).

Selain penggunaan bahan kimia seperti tersebut di atas, untuk mencegah blue stain Da Costa (1959) dalam Eusebio (1969) menganjurkan tindakan sanitasi yang harus diperhatikan pada waktu pengeringan kayu gergajian. Serbuk gergaji dan kulit kayu di halaman pengeringan harus dibuang untuk mengurangi peluang infeksi blue stain. Sticker (kayu ganjal dalam penumpukan) sebaiknya dibuat dari kayu teras atau kayu yang telah diawetkan, dan dari jenis kayu yang tidak mudah diserang blue stain atau secara periodik dicelup dalam larutan bahan kimia.

Kesimpulan

Blue stain pada kayu disebabkan oleh sejumlah jenis jamur yang diantaranya termasuk kedalam famili Ascomycetes atau Deuteromycetes (fungi Imperfecti).

Blue stain pada satu jenis kayu dapat disebabkan oleh beberapa jenis jamur blue stain atau sebaliknya satu jenis jamur blue stain dapat menyebabkan blue stain pada berbagai jenis kayu.

Jamur blue stain umumnya tumbuh dan berkembang pada kayu gubal dari semua jenis kayu pada kayu yang telah dipotong, dolok, gergajian dan lain-lain bahan kayu selama proses pengerjaan sampai kering.

Jamur blue stain untuk tumbuh dan berkembang dengan cepat dan hebat memerlukan persediaan bahan makanan yang cukup baik kualitas maupun kuantitasnya, suhu dan kelembaban udara yang sesuai.

Blue stain sangat berpengaruh kepada penurunan toughness kayu tetapi pengaruhnya tidak signifikan terhadap kekuatan tekan dan lengkung kayu.

Cara penanggulangan blue stain hanya bersifat pencegahan, sebab sekali pewarnaan terjadi, tidak dapat diberantas atau dihilangkan. Cara yang paling efektif adalah pengeringan kayu secepatnya. Cara lain dengan perendaman atau dengan penyemprotan dengan air secara terus menerus. Pencegahan dapat juga dilakukan dengan pembuatan konstruksi yang tepat. Tindakan sanitasi sewaktu pengeringan dapat juga mencegah timbulnya serangan blue stain. Pencegahan dengan bahan kimia dapat juga dilakukan, tetapi kurang diminati.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexopoulos, C. J. 1952. Introductory Mycology. Burgess Publishing Company. 177 p.
- Boyce, J. S. 1961. Forest Pathology Mc-Graw-Hill Book. Company. New York, Toronto, London 3rd ed. 572 p.
- Cartwright, K. St. G. and W. P. K. Findlay. 1958. Decay of timber and its prevention. 2nd ed. Dept. of Sci. and Ind. Res. London. 332 p.
- Chapman, A. D. and T. C. Scheffer. 1940. Effect of blue stain on specific gravity and strength of Southern Pine. Jour. Agri. Res. 61: 125-134.
- Eusebio, M. A. 1968. Growth of five staining fungi and stain development in pine sapwood. Bureau of Printing Manila. 97 p.
- Findlay, W. P. K. and C. B. Pettifor. 1937. The effect of sap stain on the properties of timber. I. Effect of sap stain on the strength of Scots pine sapwood. Forestry. 11 (1): 40-52.
- Griffin, H. D. 1966. The Genus *Ceratocystis* in Ontario. Department of Forest and Rural Development, Forest Research Laboratory, Maple. Ontario. Canadian Journal of Botany. 45 (689-718).
- Hong, L. T. 1978. A blue stain organism of jelutung (*Dyera costulata* Hk. f.). Malayan Forester 4 (43): 521-531.
- Hong, L. T. 1980. Temperature tolerance and its significance in the control of sap stain caused by *Botryodiplodia theobromae* Path. Malayan Forester 4 (43): 177-187.
- Hong, L. T.; M. K. Tam, K. D. Singh, dan A. Omar. 1980. The effectiveness of preservatives in the control of rubber wood (*Hevea brasiliensis*) logs. Malayan Forester 4 (43): 522-527.
- Hunt, T. 1956. Taxonomy of the genus *Ceratocystis*. Lloydia. 19 (1): 1-58.
- Hunt, G. M. and G. A. Garratt. 1953. Wood Preservation. 2nd ed. McGraw Hill Book Company, Inc., New York. Toronto London. 417 p.
- Levi, M. P. 1973. Control methods. in Wood deterioration and its prevention by preservative treatments. Vol. I – Degradations and protection of wood. Ed. By D. D. Nicholas. Syracuse Univ. Press. p. 183-216.
- Scheffer, T. C. dan R. M. Lindgren. 1940. Stains of sapwood and sapwood products and their control. USDA Tech. Bull. No. 714.
- Scheffer, T. C. 1973. Microbiological degradation and the causal organism. in Wood deterioration and its prevention by preservative treatments. Vol. I – Degradations and protection of wood. Ed. By D. D. Nicholas. Syracuse Univ. Press. p. 31-106.
- Supriana, N. 1976. Catatan mengenai blue stain dan pencegahannya. Publikasi Khusus. Lembaga Penelitian Hasil Hutan No. 35. 8 p.
- Tapa Darma, I. G. K. 1984. Some studies on the blue stain of Benguet pine (*Pinus kesiya* Royle ex Gordon). Master Thesis. Tidak dipublikasikan 67 p.