



Oleh: ARIS RIYADI S.SI.¹
Email: aris_ryd@yahoo.com

PENGARUH SUHU DAN KELEMBABAN TERHADAP KECEPATAN FUMIGASI ALUMINIUM PHOSPHIDA DAN UJI EFIKASI SERANGGA PERPUSTAKAAN

Abstrak

Aplikasi *fumigant* aluminium phosphida untuk fumigasi telah banyak dilakukan oleh berbagai perpustakaan dikarenakan cara kerja dan penanganannya yang mudah dilakukan. Sebuah ruang perpustakaan tidak pernah dirancang untuk fumigasi frontal, begitu pula dengan karakter hama yang berbeda dengan hama pertanian. Aluminium phosphida akan mengalami sublimasi apabila bereaksi dengan molekul air yang ada di udara menghasilkan gas phosphine. Kandungan jumlah molekul air yang ada di udara dipengaruhi oleh faktor kelembaban dan suhu udara pada suatu ruangan. Jumlah gas phosphine pada lantai 5 ruang koleksi dengan kelembaban 67,8 % mencapai 248.57 ppm, sedangkan pada lantai 9 dengan kelembaban 57 % mencapai 212,85 ppm. Kelembaban yang ada pada ruang koleksi mempunyai hubungan terbalik dengan suhu. Uji lamanya kematian yang terjadi pada hama perpustakaan menunjukkan pengaruh ukuran atau kemampuan respirasi terhadap daya serap gas ke dalam tubuh mereka sehingga menyebabkan kematian. Dengan dosis gas phosphin 31 gr/m³ pada akuarium hanya membutuhkan waktu fumigasi selama 2 jam hingga kematian pada tikus, sedangkan dibutuhkan waktu 7 jam 30 menit untuk *silverfish*. Dengan melihat waktu kematian hama perpustakaan maka ditentukan bahwa waktu efektif untuk fumigasi ruang koleksi adalah 4 hari pada suhu 25 °C dan kelembaban (rh) 75 %.

Kata kunci: *Fumigant, fumigasi, aluminium phosphida, hama.*

Pendahuluan

Wilayah Indonesia yang terletak pada ekuator, menjadikan Indonesia sebagai negara beriklim tropis. Iklim dan cuaca memiliki peran penting baik langsung ataupun tak langsung pada penyebaran, pemencaran, kelimpahan dan perilaku serangga (Kahirullah, 2010). Menurut Andrewartha dan Birch (1974), siklus hidup hewan meliputi 4 komponen pendukung berupa cuaca, makanan, organisme lain (predator dan parasit), dan

tempat hidup hewan tersebut. Serangga memerlukan kisaran suhu, kelembaban relatif, dan kondisi tertentu untuk berkembang. Kondisi pertama kehadiran mereka adalah adanya tempat bersarang atau lubang di selubung bangunan dimana mereka bisa masuk. Setelah serangga telah memasuki gedung, mereka mencari air, sumber makanan, dan ruang terganggu untuk pembibitan (Beth, 2013).

¹ Staf Sub Bidang Perawatan dan Perbaikan Bahan Pustaka, Bidang Konservasi, Pusat Preservasi, Perpustakaan Nasional RI

Walaupun terdapat ratusan jenis serangga hanya beberapa serangga yang merusak bahan arsip dan perpustakaan. Mereka adalah silverfish, kecoa, kutu buku, ulat buku dan rayap (Sahoo, 2013). Membangun sebuah perpustakaan harus memperhitungkan kemungkinan serangan serangga. Faktor yang mempengaruhi kerusakan koleksi perpustakaan antara lain faktor biologis dan faktor kimiawi. Faktor biologis seperti jamur, serangga dan hewan pengerat, yang dapat menyebabkan kerusakan parah pada bahan pustaka (LIPI, 2005). Tidak hanya hama yang menyebabkan kerusakan pada koleksi dan struktur bangunan, tetapi juga memberi efek buruk signifikan pada manusia. Ketika dalam ruangan terdapat hama maka ada potensi untuk gigitan, kontak langsung dengan feses, urin, kontaminasi makanan, infeksi, dan alergi. Selain itu, ektoparasit tikus memiliki potensi untuk menggigit manusia dan transmisi penyakit (Fraser et al. 1979).

Tidak hanya hama yang menyebabkan kerusakan pada koleksi tetapi juga terdapat silverfish yang banyak berkeliaran mencari makanan, begitu mereka telah menemukan nutrisi yang cocok, mereka akan tetap berada disana. Silverfish adalah hama kertas, terutama kertas yang memiliki sizing di atasnya. Mereka menyukai kertas, yang dapat terdiri dari pati, dekstrin, kasein, gum, dan lem (Mallis 1982).

Selain kerusakan langsung ke bahan perpustakaan dan arsip, pemustaka dan pustakawan harus peduli dengan kecurigaan kecoa sebagai pembawa penyakit. Banyak literatur mendokumentasikan berbagai organisme penyakit dapat ditularkan dari kecoa dan feces mereka. Dalam beberapa tahun terakhir beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa banyak orang alergi terhadap kecoa, khususnya spesies Jerman dan Amerika (Parker, 1988).

Banyak jenis rayap dapat ditemukan di seluruh dunia termasuk rayap tanah, rayap kayu, Formosa, dan rayap gurun. Rayap hidup dalam koloni mereka adalah serangga sosial dan membagi pekerjaan mereka. Bahan selulosa merupakan bahan makanan mereka dan karena bahan pustaka terdiri dari selulosa membuat koleksi perpustakaan sebagai jamuan makan. Tidak hanya koloni rayap menyerang struktur bangunan itu sendiri, tetapi mereka akan mengkonsumsi segala macam produk kertas (Mallis, 1982). Berbagai jenis tikus di seluruh dunia dapat menyerang perpustakaan untuk mencari makanan dan tempat tinggal. Pembasmian tikus sangat penting sehubungan dengan kebiasaan mereka terhadap koleksi perpustakaan yang suka menggerogoti kertas, buku, dan bahan-bahan lain untuk bersarang.

Tugas dan fungsi perpustakaan adalah melindungi dan menjaga koleksinya dari berbagai macam kerusakan yang ditimbulkan hama perpustakaan dan pekerjaan ini terprogram dalam Pengendalian Hama Terpadu. Selama bertahun-tahun telah banyak dikembangkan insektisida jenis fumigant yang digunakan untuk fumigasi perpustakaan (Parker, 1988).

Fumigant ideal adalah yang dengan cepat menembus ke segala daerah, efektif membunuh semua tahap perkembangan organisme, tidak reaktif terhadap materi yang sedang difumigasi, dan menghilang sepenuhnya ketika aerasi. Tingkat selektivitas inilah yang jarang dilakukan oleh lembaga informasi dan dokumentasi untuk mendapatkan fumigant yang tepat dan tidak membahayakan bagi manusia dan koleksinya itu sendiri. Sebagai contoh, metil bromida bereaksi dengan bahan yang mengandung sulfur seperti bulu, rambut dan barang yang terbuat dari kulit (Dow Chemical Co., 1957). Phosphine, hidrogen sianida, karbon disulfida, dan dichlorvos bereaksi dengan logam dan beberapa pigmen (Monro, 1972). Sebelumnya banyak sekali perpustakaan menggunakan methyl bromide sebagai fumigant namun karena efeknya dapat menyebabkan penipisan lapisan ozone maka produksi dan pemakaiannya dihentikan (Epa, 2006).

Phosphine sebagai pengganti methyl bromide tidak menimbulkan efek langsung kepada lingkungan dan memiliki range daya bunuh yang besar terhadap berbagai jenis hama (Coresta, 2013). Tetapi pemanfaatan phosphine pada perpustakaan jarang sekali dipublikasikan sebagai kajian ilmiah tentang efektifitas dan pengaruhnya terhadap hama perpustakaan.

Metodologi

- Pengaruh kelembaban dan suhu terhadap kecepatan *phostoxine*

Dilakukan survei terhadap ruang koleksi yang akan difumigasi dengan menaruh data logger pada dua ruangan koleksi selama dua minggu untuk mengetahui trend suhu dan kelembaban sebelum dan selama proses fumigasi. Melakukan pengukuran dimensi ruang koleksi dengan mengambil data panjang, lebar dan tinggi ruangan, kemudian menghitung besarnya dimensi ruangan. Jumlah butir phosphine yang digunakan sebanyak dua butir per volume ruangan dan pemakaian ini disamakan pada kedua ruangan koleksi tersebut.



Gambar 1. HOBO data logger

Diukur konsentrasi gas phosphin dengan cara meletakkan selang sample yang ditarik dari tengah ruangan menuju pintu utama terluar. Proses aplikasi fumigant terhadap ruang koleksi dengan menaruh butiran pada mangkuk kertas dan semua lubang ditutup rapat. Dosis gas phosphin diukur selama 1 jam, 2 jam, 4 jam, 8 jam, 19 jam, 48 jam dan 72 jam.



Gambar 2. Accuro Pac 7000, alat pengukur kosentrasi gas phosphine

- *Uji daya tahan hama terhadap gas phosphine*

Pengujian efikasi dilakukan untuk mengetahui seberapa lama (waktu) kekuatan hidup dari hama perpustakaan terhadap daya serap gas phosphin pada tubuh mereka. Diambil sejumlah butir phostoxine, kemudian ditaruh pada tabung desikator yang terhubung langsung melalui pipa-pipa dengan aquarium tempat sampel hama hidup. Pengaturan dosis gas yang masuk ke dalam aquarium dilakukan

dengan cara mengatur bukaan kran yang ada pada tabung desikator dan dipantau dengan alat pengukur dosis. Menurut Degesch (2012), setiap 3 gram padatan ALP akan mengeluarkan 1 gram gas PH_3 (phosphine). Dengan melakukan penimbangan ALP sebanyak 14 gram atau ekuivalen dengan 4.6 gram PH_3 (phosphine). Dosis gas phosphine yang diberikan pada hama sampel diambil menurut data pada percobaan pertama. Hama sample diukur berat dan panjang terlebih dahulu dengan tujuan sebagai bahan pertimbangan karakter hama efikasi. Berikut data jumlah hama yang ada pada aquarium.

Tabel 1. jenis dan jumlah hama perpustakaan yang diuji

Jenis hama	Tikus putih	Kecoa	Rayap	Silver fish
Jumlah (ekor)	8	12	50	3

Dimensi aquarium, panjang 111 cm, lebar 36,5 cm dan tinggi 36 cm, sehingga volumenya 145.854 cm^3 atau 0.15 m^3 . Dengan dosis yang telah ditentukan dan sama maka dilakukan pencatatan waktu mati yang terjadi pada hama tersebut.



Gambar 3. Aquarium uji efikasi

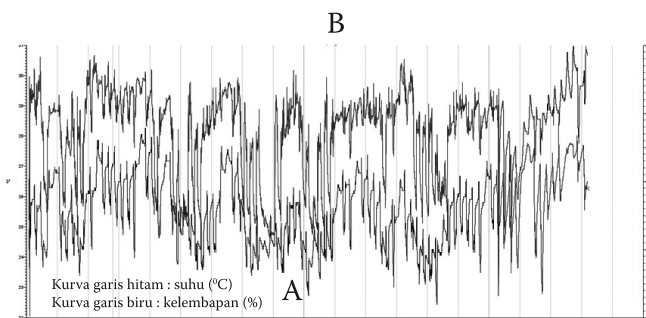
Pembahasan

Konsentrasi gas phosphine selama proses fumigasi dengan kelembaban dan suhu ruangan koleksi buku langka dan surat kabar sebuah perpustakaan dengan kondisi alami menunjukkan hasil sebagai berikut:

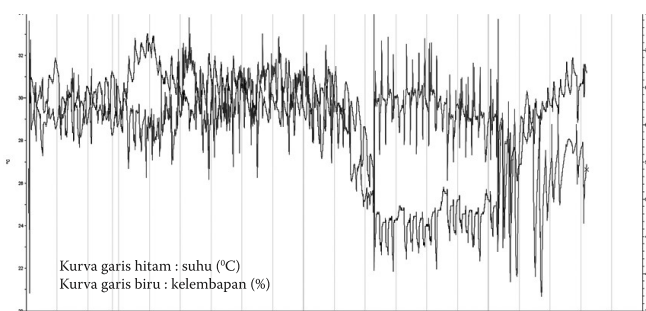
Tabel 2. Dimensi ruang koleksi dan dosis gas phosphine

Informasi	Ruang koleksi buku langka	Ruang koleksi surat kabar
Panjang	38,74 meter	45,81 meter
Lebar	30 meter	30 meter
Tinggi	30 meter	30 meter
Volume	1045 m ³	1237 m ³
Jumlah palet	2092 butir	2474 butir
Jumlah butir/m ³	2	2

Pengukuran data logger yang dilakukan selama dua minggu menunjukkan trend suhu dan kelembaban yang terjadi sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik kelembaban/suhu terhadap waktu ruang koleksi buku langka



Gambar 5. Grafik kelembaban/suhu terhadap waktu ruang koleksi surat kabar langka

Dengan memperhatikan trend kurva kedua ruangan diketahui bahwa kelembaban dan suhu mempunyai hubungan terbalik, dimana semakin tinggi suhunya maka kelembaban yang terjadi semakin rendah dan sebaliknya. Kelembaban yang diukur data logger merupakan kelembaban nisbi. Tingkat fluktuasi kelembaban-suhu ruangan sangat tinggi seiring berjalannya waktu seperti yang diperlihatkan range A dan range B grafik kelembaban. Hal ini disebabkan ketika jam kerja AC dan dehumidifier

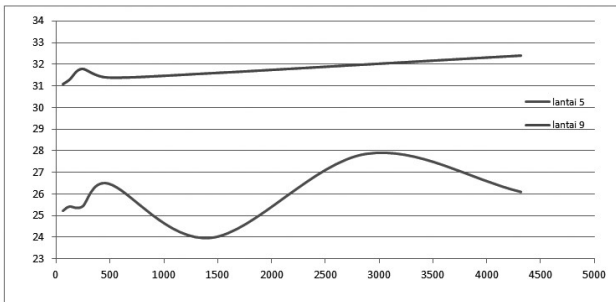
pada ruang koleksi dinyalakan sedangkan setelah jam pulang kerja kedua instrument tersebut dimatikan dengan kata lain suhu pada jam kerja dingin sedangkan setelah jam kerja panas (ΔT terbesar 2,84 °C, ΔRH terbesar 17 %), dan sebaliknya untuk kelembabannya. Sedangkan untuk kondisi surat kabar pada satu minggu terlihat suhu tinggi dan kelembaban rendah relative konstan atau tidak fluktuatif (ΔT terbesar 1,8 °C, ΔRH terbesar 8,41 %), hal ini disebabkan oleh matinya pendingin ruangan dan dehumidifier selama waktu tersebut.

Faktor ketinggian dan letak gedung juga mempengaruhi kelembaban dan suhu yang ada pada ruangan dimana pada ruang koleksi surat kabar terletak pada posisi yang lebih tinggi dibandingkan ruang koleksi buku langka dan paparan matahari pada ruang koleksi surat kabar secara langsung menyinari ruangan sehingga suhunya lebih panas dan kering ketika jam kerja. Menurut British Library (2007), kelembaban dan suhu yang ideal untuk ruang koleksi adalah RH 35 % - 60 % dan 13°C - 20°C dengan catatan bahwa kondisi tersebut konstan dan tidak fluktuatif.

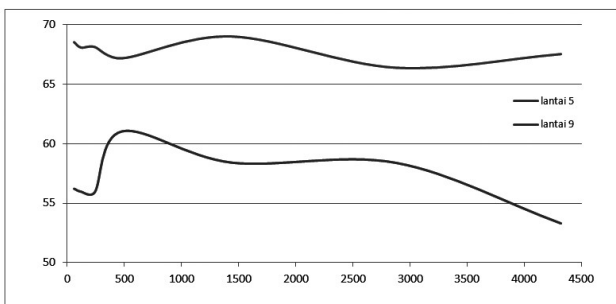
Dari keseluruhan data logger dilakukan seleksi kelembaban-suhu pada waktu fumigasi saja, maka diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 3. Suhu - kelembaban versus waktu fumigasi ruang koleksi

Waktu Jam ke-	lantai 9 (surat kabar)		lantai 5 (buku langka)	
	suhu Celcius	kelembapan %	suhu Celcius	kelembapan %
1	31.064	56.2	25.222	68.5
2	31.268	55.96	25.416	68.05
4	31.778	55.9	25.416	68.1
8	31.37	61.02	26.488	67.15
24	31.574	58.39	23.966	68.98
48	31.983	58.37	27.862	66.35
72	32.394	53.29	26.097	67.5



Gambar 6. Grafik suhu versus waktu pada lantai 5 dan lantai 9



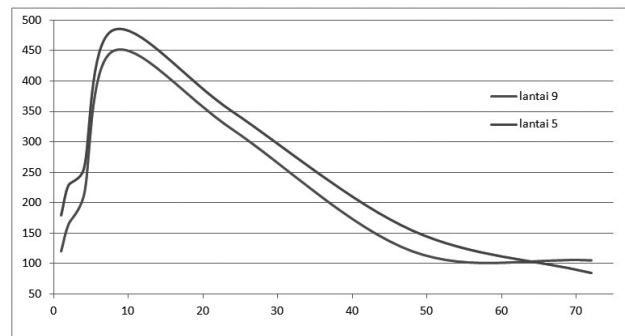
Gambar 7. Grafik kelembaban versus waktu pada lantai 5 dan lantai 9

Berdasarkan tabel dan grafik yang disajikan diperoleh bahwa ruang koleksi lantai 5 selama proses fumigasi memiliki suhu yang lebih rendah dengan kelembaban yang lebih tinggi dibandingkan lantai 9, adapun penyebabnya sudah dijelaskan pada kajian sebelumnya. Kelembaban rata-rata yang ada pada lantai 5 ($x = 67,8\%$) lebih tinggi dibandingkan dengan kelembaban lantai 9 ($x = 57\%$). Di karenakan tren suhu dan kelembaban ekuivalen dengan berbanding terbalik maka nantinya akan diambil hubungan pengaruh kelembaban saja terhadap jumlah gas phosphin yang mengalami sublimasi selama waktu fumigasi. Laju pelepasan gas phosphine mempunyai hubungan langsung dengan kelembaban absolut dan tidak langsung dengan suhu (Kawamoto, 1997).

Setelah dilakukan pengukuran jumlah konsentrasi gas phosphine diperoleh hasil sebagai berikut:

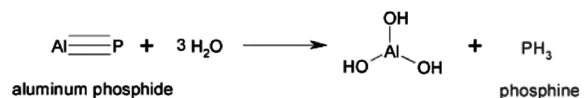
Tabel 4. Konsentrasi phosphine versus waktu fumigasi pada lantai 5 dan lantai 9

Lantai	5	9
Jumlah phosphine	2092 butir	2474 butir
Waktu (jam ke-)	Konsentrasi	
	ppm	ppm
1	180	120
2	230	165
4	255	210
8	485	450
24	350	320
48	155	120
72	85	105



Gambar 8. Grafik konsentrasi gas phosphine versus waktu pada lantai 5 dan lantai 9

Dengan melihat kurva di atas ditunjukkan bahwa konsentrasi gas phosphine yang ada pada ruang koleksi lantai 5 lebih tinggi dengan rata-rata 248,57 ppm dibandingkan dengan konsentrasi ruang koleksi lantai 9 yang hanya mencapai rata-rata 212,85 ppm. Reaksi sublimasi yang terjadi pada phostoxine adalah sebagai berikut:



Jumlah konsentrasi gas phosphine yang dihasilkan dari reaksi sublimasi aluminium phosphida lebih dipengaruhi oleh variable yang mempercepat terjadinya reaksi kimia seperti suhu, luas permukaan sentuh, katalis, molaritas dan konsentrasi. Pada penelitian ini jumlah konsentrasi aluminium phosphida yang digunakan adalah sama yaitu 2 butir per meter kubik, kemudian tidak terdapat

katalis, dan molaritas, luas permukaan sentuh yang sama. Namun, terdapat perbedaan kelembaban yang cukup besar dimana rata-rata kelembaban yang ada pada lantai 5 adalah 67,8 % dibandingkan dengan kelembaban lantai 9 yaitu 57 %. Kelembaban memiliki peran penting dalam pelepasan gas phosphin dari aluminium phosphida (AIP) dikarenakan AIP membutuhkan uap air (*moisture content*) di udara untuk memutus rantai rangkap 3 aluminium dengan fosfor sehingga membentuk gas phosphine. Udara lembab adalah udara yang mengandung uap air, semakin banyak uap air yang ada di udara dikatakan derajat kelembaban udaranya tinggi, sebaliknya semakin sedikit uap air yang ada di udara maka derajat kelembaban udaranya rendah. Hal inilah yang mempengaruhi secara langsung konsentrasi gas phosphine yang tersublimasi karena kelembaban. Laju sublimasi AIP dipengaruhi jumlah reaktan air yang ada diudara, semakin banyak jumlah molekul air yang ada diudara maka laju reaksi sublimasinya akan semakin cepat.

Dilakukan uji ketahanan mati hama perpustakaan terhadap lamanya waktu fumigasi. Sebelum dilakukan uji maka jenis hama yang ada diseleksi terlebih dahulu dan diukur karakteristiknya, sehingga diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 5. Data fisiologi fisik hama perpustakaan

Jenis Hama	Tikus	Kecoa	Rayap	Silverfish
Berat	28.52 gram	0.095 gram	-	-
Panjang	9 cm	4 cm	0.5 cm	0.8 cm
Lebar	1.5 cm	1.7 cm	0.2 cm	0.15 cm
Tinggi	4.5 cm	-	-	-
Jumlah	8	12	50	3

Hama perpustakaan yang ada tidak dilakukan pemeliharaan terlebih dahulu dan langsung diseleksi dengan berat dan ukuran yang hampir sama. Setelah dimasukkan 7 butiran phosphine dengan berat total sebesar 19.6 gram atau ekuivalen dengan 6.5 gram gas PH₃ (Nufarm, 2007). Parameter suhu uji 25 °C dan RH 75 % dengan volume 0,15 m³.

Setelah dilakukan uji ketahanan mati hama perpustakaan maka diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 6. Waktu kematian dari setiap hama perpustakaan ketika uji efikasi

Jenis Hama	Tikus	Kecoa	Rayap	Silverfish
Waktu (kematian 50 %)	1 jam 35 menit	4 jam 55 menit	3 jam 9 menit	-
Waktu (kematian 100 %)	2 jam	5 jam 45 menit	4 jam 33 menit	7 jam 30 menit

Dari tabel diatas maka waktu kematian yang terjadi pada tikus lebih cepat dibandingkan dengan semua serangga yang ada bahkan dikatakan sangat cepat hanya dalam waktu 2 jam. Kematian selanjutnya terjadi pada rayap, kecoa dan silverfish. Perbedaan kematian ini lebih disebabkan oleh tingkat respirasi yang terjadi pada setiap organism, dimana tikus memiliki tingkat respirasi yang paling tinggi dan lebih mudah menyerap gas phosphine. Sistem respirasi yang ada pada tikus menggunakan paru-paru dalam pertukaran gas CO₂ dengan O₂ yang diserap kemudian disalurkan keseluruh tubuh sedangkan pada serangga hanya menggunakan system difusi sederhana melalui dinding sel melalui spirakel dan trakea. Pada jenis serangga terlihat rayap lebih mudah mati dibandingkan kecoa dikarenakan rayap tidak dapat bernafas dengan baik dalam kondisi banyak cahaya dan stress (Tori, 2011). Silverfish memiliki ketahanan yang sangat lama terhadap inhalasi gas phosphin dengan daya tahan 9 ½ jam. Gas phosphine adalah jenis fumigant yang bereaksi terhadap organism dengan meracuni melalui pernapasan, ketika gas tersebut masuk kedalam tubuh maka akan mereduksi dan menghambat enzim yang terlibat dalam proses metabolisme (Sudakin, 2005).

Pada percobaan pertama pemakaian dosis gas phosphin untuk ruang koleksi adalah 2 gr/m³ maka pada penelitian uji kematian memakai dosis 31 gr/m³, oleh karena itu laju kematian hama lebih cepat dibandingkan pada fumigasi aktualnya. Apabila dalam skala laboratorium lama kematian hama silverfish dijadikan patokan waktu terlama maka waktu fumigasi untuk ruang koleksi ekuivalen dengan 108 jam atau 4 hari. Waktu optimal fumigasi ruang koleksi yang dapat membunuh hama perpustakaan adalah 4 hari pada suhu 25 °C dan kelembapan 75 %.

Kesimpulan

Melalui percobaan Pengaruh kelembaban dan suhu terhadap kecepatan phostoxine dan uji daya tahan hama perpustakaan terhadap gas phosphine dihasilkan trend data logger yang dipasang pada ruang koleksi menunjukkan kelembaban mempunyai hubungan terbalik dengan suhu udara, dimana pada kelembaban yang tinggi maka suhunya rendah dan sebaliknya. Laju reaksi sublimasi gas phosphine dari aluminium phosphida

semakin cepat berbanding dengan besarnya kelembaban udara ruangan secara langsung. Semakin lembab kondisi ruang koleksi maka waktu pelepasan gas phosphine semakin cepat. Hama perpustakaan dengan ukuran yang paling kecil memiliki lama kematian paling lama 7 jam 30

menit dengan dosis phosphine 31 gr/m³ atau mempunyai tingkat kesulitan paling besar dalam fumigasi. Waktu efektif yang diperlukan untuk fumigasi ruang koleksi perpustakaan pada suhu 25 °C dan kelembaban 75 % adalah 4 hari.

Daftar Pustaka

- Brian, M. V. 1978. Production of Ecology of ant and termites. Cambrige university press. Great Britain.
- Banks, H. J. 1991. Influence of water and suhu on release of phosphine from aluminium phosphide-containing formulations. *Journal of syored product researche*, 27, 41-56.
- Bond, E., J. 1984. Manual of fumigation for insect control. Research Centre Agriculture Canada London, Ontario Canada.
- Cantelow, Tori. 2011. Termite respiration. Diakses dalam <http://prezi.com/2qiehenukhnk/termite-respiration>.
- Khosla SN, NandN, Khosla P. 1988. Aluminium phosphide poisoning. *J Trop Med Hyg*; 91:196–198.
- Mauderly J., L. 1986. Respiration of F344 rats in nose-only inhalation exposure tubes. *Journal application Toxicology*. 6(1):25-30.
- Mori, T. dan Kawamoto, N. 1977. Studies on the properties and effect of the fumigant aluminium phosphide. *Research bulletin of the Japan plant protection service*, 3, 24-25.
- Steinau, Rick. 2014. How do insect breath. Diakses dalam http://www.asktheexterminator.com/cool_stuff/How_Do_Insects_Breathe.shtml.
- Xianchang, Tan. 1990. Evolution of phosphine from aluminium phosphide formulation at various suhu and humidity. *Proceedings of the 6th international working conference on stored-product protection*. Vol. 1.