

# Biosida Asam Anakardat Penghambat Aktivitas *Paecilomyces* sp. dalam Mendegradasi Avtur

Oleh:

Sri Kadarwati

## I. PENDAHULUAN

Avtur sebagai bahan bakar penerbangan kandungan utamanya adalah hidrokarbon, sedikit senyawa pengotor yang berupa garam anorganik dan air. Komposisi hidrokarbon avtur ini terdiri atas parafin, olefin, naftena, dan aromatik. Di daerah tropis seperti Indonesia, avtur tidak dapat bebas 100% dari air, karena adanya kondensasi dan keterlarutan air dalam avtur.

Adanya air dalam avtur walaupun sedikit sekali akan membantu pertumbuhan mikroba, karena air merupakan bahan utama yang dibutuhkan bagi pertumbuhannya. Bahan-bahan lain yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba adalah unsur-unsur C, H, O, N, S, P, dan mineral. Unsur-unsur ini semuanya kemungkinan terdapat dalam avtur, sehingga besar kemungkinannya mikroba dapat tumbuh dalam avtur. Hal-hal lain yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba tersebut adalah kondisi fisik yang meliputi suhu, kelembapan, dan pH.

Hasil penelitian PPPTMGB "LEMIGAS" (1983) menunjukkan adanya mikroba dalam bahan bakar penerbangan, yaitu bakteri, kapang, aktinomisetes, dan khamir, antara lain *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Nisseria*, dan *Cladosporium resinae*. *Paecilomyces* sp. merupakan kapang yang dominan di Indonesia (Sri Kadarwati, 1989).

Avtur dalam penggunaannya memerlukan penanganan dan pengawasan yang ketat, mengingat pemakaiannya sebagai bahan bakar pesawat udara, mempunyai risiko tinggi apabila terkontaminasi oleh mikroba sehingga terjadi degradasi avtur, merusak pompa bahan bakar, penyumbatan pada filter dan berakibat fatal.

Dalam menunjang pengawasan yang ketat ini, perlu meningkatkan pengawasan kualitas avtur tidak hanya dari sifat fisik saja, tetapi juga mempelajari masalah pengrusakan kualitas yang disebabkan oleh aktivitas mikroba. Oleh karena itu maksud dan tujuan penelitian

ini adalah mencari biosida yang dapat menghambat pertumbuhan/aktivitas mikroba dalam avtur dan tidak merusak mutu avtur.

## II. MIKROBA

Mikroba adalah jasad renik yang hanya dapat dilihat dengan bantuan suatu alat pembesar yaitu mikroskop. Mikroba hidup dan terdapat di mana-mana termasuk di dalam avtur, yang pada dasarnya sama dengan dalam lingkungan lainnya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba dalam avtur adalah:

- Air, merupakan bahan utama yang sangat penting bagi pertumbuhan mikroba yaitu sebagai pelarut nutrisi supaya mudah diserap. Pada umumnya mikroba yang tumbuh dalam avtur, berada pada lapisan antarmuka air dan avtur (Sharpley, 1966). Kandungan air dalam avtur, tidak dapat dihilangkan dengan sempurna, karena: a) kondensasi air yang selalu terjadi, mengakibatkan avtur terkontaminasi air hampir di semua tempat penyimpanan avtur, b) proses pengurasan air di tangki-tangki timbun avtur tidak dapat dilaksanakan secara sempurna, c) proses distribusi dan transportasi avtur, sulit untuk menghindarkan terjadinya pencemaran air dan kontaminan lainnya pada avtur tersebut, dan d) keterlarutan air dalam avtur (dalam ppm) berbanding lurus dengan suhu penyimpanan (°F).
- Sumber karbon, mikroba dalam avtur akan memanfaatkan hidrokarbon dari avtur tersebut sebagai sumber karbon bagi pertumbuhannya. Sumber karbon ini dapat berasal dari: a) senyawa-senyawa hidrokarbon dalam avtur, b) senyawa-senyawa hidrokarbon pelapis tangki timbun, dan c) senyawa-senyawa hidrokarbon tangki yang terbuat dari karet tertentu di pesawat. ■
- Senyawa oksigen dan karbon dioksida, senyawa-senyawa ini sangat diperlukan bagi pertumbuhan



mikroba untuk metabolismenya. Mikroba aerob dalam pertumbuhannya memerlukan oksigen, sedangkan mikroba anaerob memerlukan karbon dioksida. Senyawa-senyawa oksigen dan karbon dioksida antara lain diperoleh dari udara yang masuk pada waktu mengisi bahan bakar ke tangki pesawat, pembukaan kerangan pelepas uap atau kerangan tekanan hampa.

- Senyawa nitrogen, senyawa ini oleh mikroba dipakai pada replikasi (perbanyak) sel. Sumber nitrogen dapat diperoleh antara lain dari: a) senyawa ikutan yang ada dalam avtur, dan b) pada proses pengolahan minyak yang sengaja ditambahkan untuk menangkap S<sup>2-</sup>.
- Mineral, juga merupakan salah satu faktor bagi pertumbuhan mikroba yang terkandung dalam: a) minyak mentah dan b) air di dasar tangki.
- Kondisi fisik lingkungan: kondisi ini meliputi suhu, kelembapan, dan pH sangat berpengaruh pada pertumbuhan mikroba. Indonesia termasuk negara beriklim tropis, sehingga atmosfernya cocok bagi pertumbuhan mikroba tropik.

### III. BIOSIDA

Pertumbuhan mikroba dalam avtur dapat menimbulkan pengaruh negatif yaitu selain merusak kualitas avtur dan terjadinya lumpur mikroba, juga dapat merusak sarana instalasi bahan bakar penerbangan, karena mikroba akan memanfaatkan avtur dan sarana bagi pertumbuhannya. Oleh karena itu pertumbuhan

mikroba ini perlu dihambat atau dicegah.

Salah satu cara untuk mencegah pertumbuhan mikroba dalam avtur atau BBM adalah dengan menambahkan biosida atau inhibitor ke dalam avtur tersebut. Biosida adalah senyawa kimia yang dapat menghambat pertumbuhan dan aktivitas mikroba. Biosida-biosida yang pernah diuji dan digunakan untuk mencegah pertumbuhan mikroba dalam avtur atau BBM di instansi penerbangan dan industri minyak adalah: Biobor JF, stronsium kromat, dan isothiazolone.

Selain itu asam anakardat yang diperoleh dari hasil ekstraksi kulit biji jambu mete telah diteliti kemungkinannya sebagai pestisida dan juga telah diuji sebagai antibakteri. Asam anakardat ini mempunyai molekul besar seperti asam bongkreng yang mempunyai rantai panjang dan ikatan rangkap yang dapat menghambat SH enzim. Sri Kadarwati (1999) telah menguji asam anakardat terhadap pertumbuhan *Paecilomyces* sp. yaitu kapang yang dominan dalam avtur hasil isolasi dari beberapa lokasi penimbunan avtur di Indonesia.

#### A. Biobor JF

Biobor JF adalah suatu biosida untuk mengontrol mikroba dalam bahan bakar pesawat, mesin diesel, dan hidrokarbon lainnya. Biobor JF ini mengandung senyawa boron yang efektif dalam menghambat pertumbuhan mikroba dalam avtur. Sifat-sifat fisika dan komposisi kimia Biobor JF seperti disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1  
Komposisi kimia dan sifat-sifat fisika Biobor JF

1	Komposisi Kimia	
	2,2'-oxybis (4,4,6,trimethyl 1,3,2, dioxaborinane)	95%
	2,2'-(1 methyltrimethylenedioxy) bis (4,methyl 1,3,2 dioxaborinane)	
	Petroleum naphta	5%
	Kandungan boron	7,4%
	Air (bebas hidroksil)	0,4%
2	Sifat-sifat Fisika	
	Flash point	144 + 2°F
	Viscosity	29,0 cps @ 70°F
	Density	1,05 g/cc @ 70°F
	Pour point	-27,5°F
	Color (ASTM)	0,5

Sumber : Service Bulletin U.S. No. 279, 1983



Menurut Degray dan Killian dalam Davis (1967) sejumlah kecil senyawa boron yang mengandung additive gasoline dapat lebih efektif dalam mencegah pertumbuhan bakteri dibandingkan dengan asam borat dan borax, seperti tertuang dalam Tabel 2.

Konsentrasi Biobor JF yang biasa digunakan adalah 135-270 ppm (10 – 20 ppm boron). Penggunaan Biobor JF ini ada dua cara yaitu:

- 1) dicampurkan langsung ke dalam bahan bakar pesawat setiap selang waktu tertentu dengan konsentrasi 135 ppm.
- 2) digunakan pada saat setelah *tank cleaning*, dengan konsentrasi 270 ppm sebelum diisi dengan bahan bakar kembali.

Menurut Engineering Report dari Garuda Indonesian (1983), tangki pesawat terbang jenis DC-9 rata-rata setelah jam terbang mencapai 8000 jam mengalami korosi karena adanya air dan mikroba dan pada pesawat F-28 MK-4000 setelah 2500 jam terbang.

Mikroba sejauh mungkin harus dicegah pertumbuhannya baik di dalam air atau bahan bakar. Telah dilakukan perlakuan dengan biosida pada saat *tank cleaning* untuk pesawat-pesawat terbang dari maskapai penerbangan Garuda antara lain: DC-10 tiap 1000 jam terbang dilakukan *tank cleaning* yang memakan waktu *ground time* 12 jam dan untuk B-747 tiap 1000 jam terbang dilakukan *tank cleaning* yang sama dan memakan waktu *ground time* 12 jam. Dengan *ground time* yang cukup lama ini masih kurang efektif untuk membunuh mikroba 100%. *Ground time* yang diperlukan harus lebih lama yaitu antara 36 sampai dengan 96 jam, sehingga akan mengganggu operasi penerbangan.

Oleh karena itu pemakaian Biobor JF tidak efisien, karena:

- 1) sangat mengganggu *flight production*.
- 2) dalam waktu tiga bulan dapat terjadi kontaminasi mikroba.
- 3) pemakaian Biobor JF secara kontinyu dengan konsentrasi 135 ppm belum dapat dilaksanakan, karena akan menyangkut prosedur pengisian bahan bakar di lapangan.

Dengan demikian perlu dicari jalan keluarnya.

**Tabel 2**  
Perbandingan pengaruh boron dalam air yang bercampur dengan isooktana

No	Inhibitor	Boron (%)	Jumlah sel bakteri/mL
1	Borax	0,05	144.000.000
2	Asam borat	0,05	42.000.000
3	Boron aditif dalam gasoline	0,05	30

Berdasarkan informasi para peneliti yang dilakukan terhadap pesawat A-300 yang tangki bahan bakarnya dilengkapi dengan *canister* berisi tablet stronsium kromat, memberikan hasil seperti pada uraian berikut ini.

#### B. Stronsium Kromat

Hasil percobaan dengan menggunakan tablet stronsium kromat menunjukkan bahwa:

- 1) sampai dengan 2800 jam terbang di dalam tangki bahan bakar pesawat A-300 tidak menunjukkan tanda-tanda korosi.
- 2) sampel yang diambil dari pesawat-pesawat selain A-300 masih ada kontaminasi mikroba dengan populasi minimal 30-50 sel/mL.

Dengan demikian stronsium kromat dapat mencegah pertumbuhan mikroba dan korosi, tetapi belum diuji coba untuk pesawat-pesawat jenis yang lain.

#### C. Isothiazolone

Terry M. Williams dkk. (1991), melaporkan bahwa senyawa isothiazolone dapat digunakan sebagai biosida, dapat membunuh bakteri dan kapang dalam waktu 24 jam dengan konsentrasi yang rendah (3 ppm *active ingredient*). Uji senyawa isothiazolone dalam tangki timbun bahan bakar diesel yang mengandung populasi bakteri sebanyak  $10^4$  sampai  $10^7$  sel/mL setelah diuji selama 48 jam menunjukkan penurunan populasi bakteri menjadi lebih kecil dari 10 sel/mL. Kelemahan biosida ini adalah bahwa senyawa isothiazolone mengandung unsur belerang sehingga dapat bersifat korosif.

#### D. Asam Anakardat, Manfaat, dan Pembuatannya

##### a. Asam Anakardat

Tyman dan Visani (1987) mengatakan bahwa kulit biji jambu mete, terutama pada bagian mesokarp seperti yang terlihat pada Gambar 1 mengandung cairan berupa



minyak dengan kadar cukup tinggi hingga 40-50%. Jambu mete (*Anacardium occidentale* L.) ini adalah salah satu dari famili *Anacardiaceae*. India merupakan negara terbesar dalam memproduksi dan mengekspor biji jambu mete, sekitar 50% ekspor dunia. Di samping India, negara-negara pengekspor biji jambu mete adalah Brazil, Mozambique, Tanzania, dan Kenya (Paramashivappa, R. dkk 2001).

Apabila kulit biji jambu mete diekstraksi, diperoleh cairan berbentuk konsentrat pekat berwarna coklat kehitaman yang disebut minyak biji jambu mete (*cashew nut shell liquid*, CNSL). Asam anakardat terdapat di dalam CNSL tersebut dan merupakan nama umum dari turunan asam 6-alkilsalisilat yang gugus alkilnya dapat berupa ikatan jenuh atau tidak jenuh dengan panjang rantai karbon minimum 11 atom C. Asam anakardat digolongkan sebagai lipida fenolik yang bagian polarnya adalah asam fenolat. Menurut Tyman (1978, 1980, dan 1986) berdasarkan proses

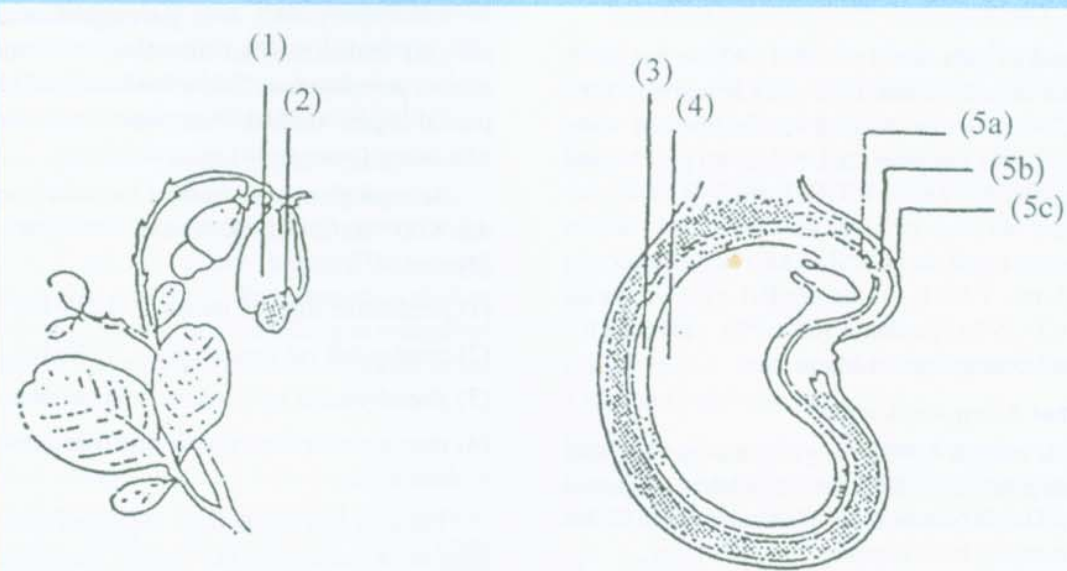
ekstraksinya, dikenal dua jenis minyak CNSL seperti pada uraian berikut ini.

#### a.1 CNSL-alami (*Natural CNSL*)

CNSL-alami adalah minyak biji jambu mete yang diperoleh melalui proses ekstraksi kulit bijinya tanpa proses pemanasan, sehingga tidak mengalami perubahan pada kandungan kimianya. Minyak CNSL-alami mengandung asam anakardat yang merupakan komponen utama (>70%), kardol (20%), serta kardanol dan 2-metilkardol dalam jumlah kecil. Struktur molekul asam anakardat (I, n = 0,2,4,6), dan kardol (II, R=H, n = 0,2,4,6), serta 2-metilkardol (II, R=-CH<sub>3</sub>, n = 0,2,4,6) dan kardanol (III, n = 0,2,4,6) disajikan pada Gambar 2.

#### a.2 CNSL-teknis (*Technical CNSL*)

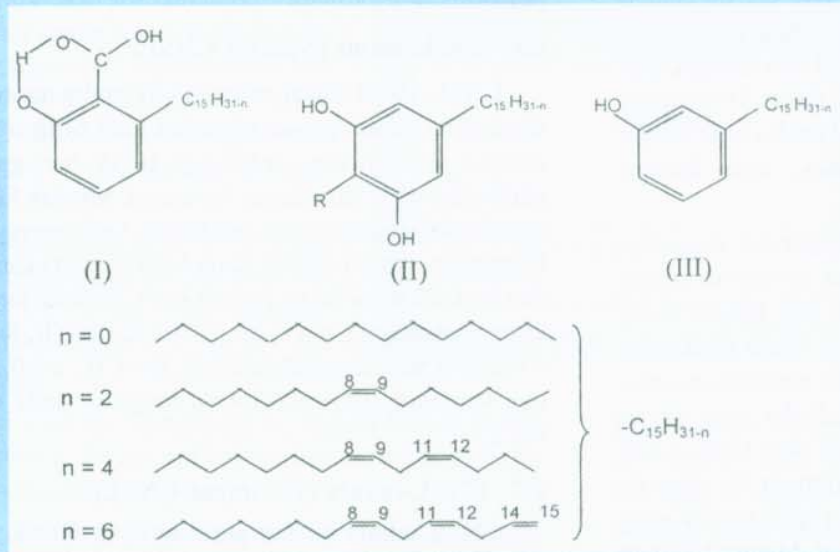
CNSL-teknis adalah jenis minyak CNSL yang diperoleh setelah melalui proses pemanasan, misalnya pada proses pengolahan jambu mete di pabrik yang



Gambar skematik cabang jambu mete Penampang melintang buah jambu mete  
(1) buah semu (tangkai buah yang menggebu) (2) buah jambu mete (3) kulit ari/testa (bag. dalam yang keras) (4) biji jambu mete (5) perikarp yang terdiri atas:  
(5a) endokarp  
(5b) mesokarp  
(5c) epikarp

Gambar 1  
Buah dan biji *Anacardium occidentale*, Linn. (Tyman Visani, 1987)





**Gambar 2**  
Struktur molekul asam anakardat, kardol, 2-metilcardol,  
dan kardanol (Tyman, 1980)

dipanaskan pada suhu 180-200°C. Akibat pengaruh panas akan terjadi polimerisasi pada komponen kandungan CNSL karena derajat ketidakjenuhan yang tinggi dari rantai samping alkil. Selain itu juga terjadi dekarboksilasi dari gugus -COOH sehingga asam anakardat akan berubah menjadi kardanol. Oleh karena itu komposisi kimia dari CNSL-teknis berbeda dengan CNSL-alami. CNSL-teknis terdiri atas senyawa polimer (20-25%), kardanol (60-65%), kardol (10-12%), dan beberapa bahan minor lain.

#### b. Manfaat Asam Anakardat

Semula minyak CNSL hanyalah merupakan hasil sisa (*waste-product*) pada proses pengolahan biji jambu mete, tetapi sejak beberapa dekade terakhir citra CNSL berubah menjadi hasil samping yang berharga.

Penggunaan CNSL terutama sebagai bahan dasar pembuatan minyak lumas yang merupakan campuran antara senyawa polimer dari minyak biji jarak (*linseed oil*) dengan resin dari fenol dan formaldehida. Kedua unsur penyusun minyak lumas ini, yaitu minyak dengan rantai alkil panjang serta gugus fenol, ditemui pada komponen fenolik dari minyak CNSL-teknis: kardanol dan kardol. Pembentukan resin antara komponen fenolik tersebut dengan formaldehida, serta pemanasan yang menyebabkan terjadinya polimerisasi dari rantai samping, akan mengubah CNSL-teknis menjadi minyak lumas.

Resin CNSL secara ekstensif digunakan pada industri komponen-komponen yang tahan terhadap gesekan seperti rem dan kopling sebagai unsur pengikat gesekan. Selain itu dimanfaatkan pada industri pelapisan permukaan, bahan perekat, minyak ringas/vernis, dan cat. Berbagai sintesis poliamina dari CNSL atau kardanol dapat digunakan sebagai obat.

CNSL dan turunannya dapat juga digunakan sebagai antioksidan, antikorosi, industri plastik, industri karet untuk meningkatkan ketahanan karet dalam proses perengkahan dan ozon,

sebagai *stabilizer* dan *demulsifire* untuk produk-produk perminyakan. Sulfur kardanol dari hidrogenasi parsial logam xanthat, digunakan untuk menurunkan titik tuang (*pour point*) minyak lumas.

Sebagai gambaran, berikut ini adalah penggunaan dari 8.000 ton CNSL-teknis yang dihasilkan tahun 1978, (Tyman, 1978):

- |  |           |
|--|-----------|
| (1) pembuatan minyak lumas                   | 1.500 ton |
| (2) pembuatan cat dan vernis                 | 1.900 ton |
| (3) <i>foundry core oil</i>                  | 1.600 ton |
| (4) pembuatan resin epoksi & proses laminasi | 2.300 ton |

Ditinjau dari segi biologi, seperti turunan fenol pada umumnya, asam anakardat bersifat mengiritasi kulit dan mempunyai beberapa manfaat yaitu berkhasiat sebagai antibakteri (Biswas dan Roy, 1958) dan moluscisida (Tyman dan Visani, 1987). Efek moluscisida ini dibandingkan dengan kerja asam anakardat adalah sebagai penghambat kerja prostaglandin (PGI<sub>2</sub>) dalam darah manusia. (Lloyd, Denny, dan Krishna, 1980).

Kubo dan Kim (1987) meneliti tentang pengaruh asam anakardat untuk menghambat kerja enzim prostaglandin sintetase. Enzim ini diperlukan untuk pembentukan prostaglandin yang ternyata berperan dalam sistem fisiologis dari reproduksi serangga.



Sebagai hewan percobaan adalah *Teleogryllus commodus*. Dengan menyuntikkan asam anakardat akan mengurangi kemampuan menghasilkan telur, sehingga jumlah telur menjadi sangat berkurang.

Sifat kimia yang paling menonjol dari senyawa fenol penyusun minyak CNSL adalah kemampuannya untuk berpolimerisasi dan kemungkinan teroksidasi oleh pengaruh cahaya. Sifat mudah teroksidasi ini mengakibatkan warnanya berubah menjadi kemerah-merahan sehingga kurang menguntungkan. Untuk mengatasi hal tersebut Tyman dkk. (1987) menganjurkan supaya asam anakardat disimpan dalam wadah dengan sesedikit mungkin ruang di atasnya, diletakkan di tempat dingin dan bebas cahaya.

#### IV. METODOLOGI DAN PEMBAHASAN

Pengujian asam anakardat terhadap aktivitas *Paecilomyces* sp. dilakukan melalui dua tahap yaitu bioassay dan kemudian analisis komposisi avtur.

##### A. Percobaan Bioassay

Konsentrasi asam anakardat yang diuji untuk bioassay adalah 250 dan 500 ppm. Pada pengujian awal diamati juga konsentrasi asam anakardat sebesar 100 ppm. Kapang *Paecilomyces* sp. yang digunakan berumur lima hari dengan jumlah  $(6-9) \times 10^7$  sel/mL.

Pengujian dilakukan dengan cara tuang pada cawan petri dengan bantuan gelas silinder. Volume asam anakardat yang ditambahkan ke dalam gelas silinder sebanyak 0,2 mL. Volume kapang uji yang diinokulasikan sebanyak 1 mL. Pengamatan dilakukan setelah diinkubasi selama  $3 \times 24$  jam dengan mengukur diameter daerah bening (zona inhibisi) di sekitar gelas silinder. Percobaan dilakukan dalam kondisi steril.

Hasil yang diperoleh dari percobaan ini menunjukkan adanya indikasi bahwa pertumbuhan kapang *Paecilomyces* sp. dapat diinhibisi oleh biosida asam anakardat. Terlihat adanya daerah bening zona inhibisi baik untuk konsentrasi 250 ppm maupun 500 ppm. Untuk asam anakardat dengan konsentrasi 100 ppm, daerah bening terlihat sebatas gelas silinder atau lebih kecil.

Berdasarkan metode Grubb's, dicari data yang menyimpang dari seluruh kelompok data yang ada. Nilai rata-rata dari seluruh data digunakan rumus:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

di mana:  $\bar{X}$  = harga rata-rata dari data ( $X$ )

$X_i$  = nilai  $X$  ke  $i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ )

$X$  = data pengamatan

$n$  = jumlah pengamatan

Pengujian asam anakardat dengan konsentrasi 250 ppm, menggunakan rumus Grubb's diperoleh harga simpangan baku ( $S$ ) dari seluruh data, adalah:

$$S = \sqrt{\frac{51,17}{30-1}} = 1,33$$

Harga daerah penolakan dihitung dengan rumus:

$$R = S \times T$$

di mana:  $R$  = daerah penolakan

$S$  = simpangan baku

$T$  = faktor kriteria penolakan Grubb's

sehingga  $R = 1,33 \times 3,10 = 4,12$

selisih dari data dengan harga rata-rata adalah:

$$D_i = |X_i - \bar{X}|$$

Dari hasil perhitungan  $D_i$  menunjukkan bahwa data yang ada untuk biosida asam anakardat dengan konsentrasi 250 ppm semuanya tidak ditolak, karena harga  $D_i$  tidak ada yang lebih besar atau sama dengan harga  $R$ . Dengan demikian nilai rata-rata dari seluruh data untuk asam anakardat dengan konsentrasi 250 ppm adalah :

$$\bar{X} = \frac{397,89}{30} = 13,26$$

atau diameter zona biosida asam anakardat sebesar 13,26 mm (inhibisi nyata).

Pengujian asam anakardat dengan konsentarsi 500 ppm, menggunakan rumus Grubb's, diperoleh harga simpangan baku dari seluruh data ( $S$ ) adalah:

$$S = \frac{119,30}{30-1} = 2,03$$

Harga daerah penolakan dihitung dengan rumus:

$$R = S \times T$$

sehingga  $R = 2,03 \times 3,10 = 6,29$

selisih dari data dengan harga rata-rata adalah:

$$D_i = X_i - \bar{X}$$

Dari hasil perhitungan  $D_i$  menunjukkan bahwa data yang ada untuk biosida asam anakardat dengan

Tabel 3  
Analisis PIONA (% berat) terhadap aftur

PIONA hari	NS	IPS	nPS	NU	iPU	nPU	AR	>200oC	PN	TOTAL
0 hari	X	18,61	4,71	0,00	0,09	0,56	3,91	58,11	1,45	100
	Y	18,49	6,07	0,00	0,09	0,80	4,22	55,86	1,38	100
	Z	17,93	5,28	0,00	0,08	0,47	4,10	57,76	1,39	100
3 hari	X	21,43	6,13	0,00	0,00	0,38	3,54	52,22	0,60	100
	Y	18,29	4,72	0,00	0,07	0,35	6,08	57,28	0,00	100
	Z	19,86	5,08	0,00	0,07	0,44	4,00	56,24	1,40	100
6 hari	X	18,83	5,00	0,00	0,07	0,45	4,00	57,43	1,44	100
	Y	18,99	4,71	0,00	0,07	0,41	5,72	57,88	0,00	100
	Z	18,54	4,88	0,00	0,07	0,41	3,93	57,19	1,42	100
9 hari	X	17,36	5,21	0,00	0,08	0,56	3,70	58,42	1,47	100
	Y	18,33	4,77	0,00	0,08	0,48	3,43	58,68	1,42	100
	Z	18,06	4,91	0,00	0,09	0,56	6,03	57,04	0,00	100
12 hari	X	23,07	4,42	0,00	0,00	0,91	3,61	60,13	2,52	100
	Y	17,96	4,68	0,00	0,08	0,47	3,86	59,01	1,57	100
	Z	17,95	4,77	0,00	0,08	0,49	3,92	58,95	1,56	100
15 hari	X	24,56	5,96	0,00	0,00	1,37	3,47	56,60	2,64	100
	Y	18,33	4,92	0,00	0,07	0,42	3,77	57,82	1,40	100
	Z	18,81	4,69	0,00	0,08	0,53	3,63	57,86	1,47	100
18 hari	X	21,21	4,52	0,00	0,00	0,90	3,42	62,50	2,46	100
	Y	19,56	5,00	0,00	0,07	0,41	3,94	56,03	1,41	100
	Z	19,04	5,09	0,00	0,07	0,39	5,72	57,65	0,00	100

Keterangan: NS = naftena jenuh  
 IPS = iso-parafin jenuh  
 nPS = normal-parafin jenuh  
 NU = naftena tidak jenuh  
 iPU = iso-parafin tidak jenuh  
 nPU = normal-parafin tidak jenuh  
 AR = aromatik  
 PN = polinaftena  
 x = medium dasar  
 y = medium dasar + asam anakardat 250 ppm  
 z = medium dasar + asam anakardat 500 ppm



konsentrasi 500 ppm semuanya tidak ditolak, karena harga  $D_1$  tidak ada yang lebih besar atau sama dengan harga R. Dengan demikian nilai rata-rata dari seluruh data untuk asam anakardat dengan konsentrasi 500 ppm adalah :

$$\bar{X} = \frac{537,94}{30} = 17,93$$

atau diameter zona biosida asam anakardat sebesar 17,93 mm (inhibisi nyata).

### B. Uji Pengaruh Asam Anakardat terhadap Kestabilan Avtur

Untuk membuktikan lebih lanjut seberapa jauh pengaruh asam anakardat terhadap pertumbuhan *Paecilomyces* sp. dalam avtur. Mula-mula dilakukan analisis komposisi avtur dengan PIONA Analyzer. PIONA analyzer adalah alat untuk menganalisis kandungan parafin, iso-parafin, olefin, naftena (alisiklik), dan aromatik dalam bahan bakar minyak termasuk avtur.

Konsentrasi asam anakardat yang digunakan adalah 250 dan 500 ppm. Pengamatan dilakukan pada hari ke 0, 3, 6, 9, 12, 15, dan 18. Sebagai pembanding atau kontrol, dilakukan dengan kondisi operasi percobaan yang sama, tetapi tanpa menggunakan asam anakardat.

Hasil pengamatan kandungan PIONA yang dilakukan pada hari ke 0, 3, 6, 9, 12, 15, dan 18 dengan menggunakan asam anakardat 250 ppm dan 500 ppm disajikan pada Tabel 3, yang didasarkan atas persen berat. Kandungan PIONA dalam avtur ini dibandingkan dengan pengamatan kandungan PIONA dalam avtur pada percobaan tanpa asam anakardat.

Pada umumnya biodegradasi terjadi pada senyawa parafin, karena rantai lurus dan jenuh lebih mudah didegradasi dibanding dengan rantai lurus tidak jenuh dan senyawa lingkar. Akan tetapi pada penelitian ini terlihat dengan jelas bahwa kapang *Paecilomyces* sp. mendegradasi terutama senyawa naftena (alisiklik).

Dalam waktu 12 hari, hasil degradasi tersebut menunjukkan bahwa kandungan naftena dalam avtur turun sekitar 60% dan diikuti naiknya parafin yang mempunyai jumlah atom C sama dengan atom C naftena yang bersangkutan (dapat dilihat pada Tabel 3). Berarti terjadi pemecahan ikatan naftena tetapi tidak terjadi pemecahan rantai parafinnya. Selain itu terlihat naiknya fraksi di atas 200°C dari 58,11% menjadi 60,13% dan polinaftena naik menjadi 1¼ kalinya dari 1,45% menjadi 2,52%.

Dengan menggunakan asam anakardat terlihat bahwa aktivitas kapang *Paecilomyces* sp. diinhibisi dan mulai hari ke-12 kandungan naftena sama dengan kandungan pada awal percobaan (titik nol; Tabel 3). Hasil analisis kandungan naftena menunjukkan nilai yang hampir sama, yaitu dari 12,98% menjadi 12,95% yang berarti naftena tidak mengalami degradasi.

### V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Uji bioassay asam anakardat 250 ppm terhadap pertumbuhan *Paecilomyces* sp. menunjukkan inhibisi nyata dengan zona inhibisi 13,26 mm.
- 2) Uji bioassay asam anakardat 500 ppm terhadap pertumbuhan *Paecilomyces* sp. menunjukkan inhibisi nyata dengan zona inhibisi 17,93 mm.
- 3) Degradasi naftena oleh *Paecilomyces* sp. dalam waktu 12 hari turun 60% dan diikuti naiknya parafin tetapi tidak terjadi pemecahan rantai parafinnya.
- 4) Degradasi naftena oleh *Paecilomyces* sp. dalam waktu 12 hari terlihat dengan naiknya fraksi di atas 200°C dari 58,11% menjadi 60,13% dan polinaftena naik menjadi 1¼ kalinya dari 1,45% menjadi 2,52%.
- 5) Pada hari ke-12 inkubasi, terlihat asam anakardat dapat menghambat aktivitas *Paecilomyces* sp., dan dapat dikatakan tidak terjadi perubahan kandungan naftena yaitu 12,98% (titik nol) menjadi 12,95%.

### KEPUSTAKAAN

1. Anonim, 1983, Laporan Penelitian Pengrusakan Mikrobial pada Avtur dan Tangki Penimbun, PPPTMGB"LEMIGAS", Cepu.
2. Biswas, A.K. dan A.C. Roy, 1958, Surface-active Characteristic of Sodium Anacardate Isolated from Cashew Nut Shell Oil, *Nature*, 182, 1299-1300.
3. Degray, J.R. dan L.N. Killian, dalam Davis, J.B., 1967, *Petroleum Microbiology*, Elsevier Publishing Company, Amsterdam.
4. Kadarwati, S., 1989, Beberapa Sifat Kehidupan *Paecilomyces* sp. dalam Bahan Bakar Pesawat Udara Jet, *Tesis*, Institut Teknologi Bandung.
5. Kadarwati, S., 1999, Degradasi Avtur oleh Isolat *Paecilomyces* sp. dari Indonesia, *Disertasi*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
6. Kubo, I. dan M. Kim, 1987, Prostaglandin Synthetase Inhibitors: A New Approach for Insect



- Control, in : *Biologically Active Natural Products*. (Hostettmann, K.J.P. Lea Eds.) Clarendon Press, Oxford, 185-193.
7. Lloyd, H.A., C. Denny, dan G. Krishna, 1980, A Simple Liquid Chromatographic Method for Analysis and Isolation of the Unsaturated Components of Anacardic Acid, *J. Liq. Chromatogr.*, 3, 1497-1504.
  8. Paramashivappa, R., P. Phani Kumar, P.J. Vithayathil, dan A. Srinivasa Rao, 2001, Novel Method for Isolation of Major Phenolic Constituents from Cashew (*Anacardium occidentale L.*) Nut Shell Liquid, *J. Agric. Food Chem.*, 49, 2548-2551.
  9. Sharpley, M., 1966, *Elementary Petroleum Microbiology*, Gulf Publishing Company, Houston.
  10. Tyman, J.H.P., D. Wilczynski, dan M.A. Kashani, 1978, Compositional Studies on Technical Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) by Chromatography and Mass Spectroscopy, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 55, 663-668
  11. Tyman, J.H.P., 1980, Cultivation, Processing and Utilization of the Cashew, *Chem. Ind.*, 59-62.
  12. Tyman, J.H.p., 1986, *Analysis of Long-chain Phenols*, in: *quantitative Thin-Layer Chromatography and Its Industrial Applications* (Teriber, L.R. ED.), Marcel Dekker, Inc., New York and Basel, 125-161.
  13. Tyman, J.H.P. dan N. Visani, 1987, The Chemistry of Anacardic Acids, in: *Act. Nat. Prod. (Proc.)*, 2, 3<sup>rd</sup>. Eds., UCH. Weinheim Publisher, Fed. Rep. Ger., 333-344.
  14. Williams, T.M., T.K. Haack, J.A. Robbins, dan R.W. Gropp, 1991, Biocide Treatment for Control of Microbial Contamination and Fuel Quality Problems, *Proceeding of the 4<sup>th</sup> International Conference on Stability and Handling of Liquid fuels*, 2 November, Orlando, Florida, USA. •