

KARAKTERISASI AKTIVITAS ANTIMIKROBA BEBERAPA ASAM LEMAK ASKORBIL¹

[Characterization of Antimicrobial Activity in Several Ascorbyl Fatty Acid]

Elidar Naiola

Balai Penelitian dan Pengembangan Mikrobiologi
Puslitbang Biologi -LIPI, Bogor

ABSTRACT

*The study is directed to investigate the antimicrobial activity of six ascorbyl fatty acids. The minimum concentrations were observed in ascorbyl caprate and ascorbyl laurate. Ascorbyl caprate was the strongest ester with the minimum inhibitory concentration (1,25-5 nM). Among microorganisms tested, *S. cerevisiae* was more sensitive than others. The sensitivity of *S. cerevisiae* was depending on the strains and *S. cerevisiae* OUT7054 was the most sensitive strain to the ascorbyl caprate which was the sterilizing agent rather than microbiostatic agent. The antimicrobial activity of ascorbyl caprate was influenced remarkably by temperature and pH. The most effective conditions for sterilization of yeast were higher temperature and low pH.*

*Kata kunci/ Keywords: Antimikroba/ antimicrobial, Konsentrasi Minimum Penghambatan/ Minimum Inhibitory Concentration, Askorbil kaprat/ Ascorbyl caprate, mikrobiostatik/ microbostatic, *S. cerevisiae*, Sterilisasi/Sterilisation.*

PENDAHULUAN

Asam-asam lemak yang banyak dijumpai di alam merupakan komponen penting pada binatang, tumbuh-tumbuhan atau mikroorganisme. Beberapa di antara asam lemak tersebut ataupun turunannya digunakan sebagai bahan pengawet atau surfaktan dalam berbagai jenis makanan. Di samping bahan-bahan alami, beberapa bahan hasil sintesis kimiawi juga banyak digunakan dalam berbagai lapangan industri seperti industri makanan dan kosmetik. Penggunaan bahan tersebut terutama dalam makanan, bertujuan untuk meningkatkan mutu, baik makanan hasil-olahan ataupun makanan segar.

Pemakaian bahan sintesis kimiawi untuk tujuan pemanfaatan sebagai antimikroba, terutama untuk makanan, harus dalam dosis yang aman. Bahan yang sudah umum digunakan sebagai antimikroba adalah asam-asam lemak, ester dari glukosa atau gliserol mengandung asam lemak. Aktivitas bahan-bahan tersebut dilaporkan oleh Kabara (1972) serta Conley & Kabara (1973). Aktivitas antimikroba beberapa ester asam askorbat dengan asam lemak terhadap bakteri telah diteliti oleh Tawaratani *et al.* (1984).

Kombinasi beberapa macam perlakuan terhadap bahan kimia seperti dengan panas atau pH telah sejak lama dikembangkan dalam berbagai lapangan industri. Beberapa bahan yang lebih

¹ Tulisan ini merupakan bagian dari International Post-Graduate University Course in Microbiology yang dilangsungkan di Osaka University, Jepang di bawah bimbingan Prof. Shibasaki, Dr. Tawaratani dan Dr. Takano, atas biaya UNESCO dan Pemerintah Jepang.

efektif penggunaannya apabila dikombinasikan dengan panas misalnya antibiotik, surfaktan, asam organik dan ester. Menurut Shibasaki dan Kato (1978), aktivitas antibakteri dari asam laurat, monokaprin dan monolaurin meningkat aktivitasnya apabila dikombinasikan dengan panas.

Tulisan ini membahas beberapa karakterisasi antimikroba beberapa ester asam askorbat mengandung asam lemak terutama efektifitasnya terhadap khamir.

BAHAN DAN CARA KERJA

Jasad renik untuk uji antimikroba

Biak biak khamir yang dipakai yaitu. *Saccharomyces cerevisiae*, *S. cerevisiae* OUT7020, *S. cerevisiae* OUT7054, *S. cerevisiae* C415, *S. cerevisiae* 305C, *Candida utilis* OUT6020, *Pichia dubia* OUT6287 dan *Hansenula anomala* OUT6079. Biak-biak ini merupakan koleksi Department of Fermentation Technology, Faculty of Engineering, Osaka University, Jepang.

Bahan-bahan uji

Ester-ester yang diuji aktivitas antimikrobanya dalam penelitian ini adalah hasil sintesa kimiawi antara asam lemak (kaproat, kaprilat, kaprat, laurat, miristat dan palmitat) dengan asam askorbat (vitamin C). Sintesis dilakukan menurut cara Cousin *et al.* (1977). Sebagai media pembenihan adalah medium Potato Dextrosa Agar (PDA) dan. Potato Dextrosa Broth (PDB) yang diperoleh dari Difco Co. Ltd.

Pegujian aktivitas fungistatik

Aktivitas antimikroba ditentukan dengan mencari Minimum Inhibitory Concentration (MIC), yaitu konsentrasi terendah yang dapat menghambat pertumbuhan. Biakan khamir berumur 24 jam digunakan untuk menginokulasi permukaan medium (10 ml) yang mengandung sampel dengan konsentrasi berbeda-beda (2.5, 5 dan 10 mM). Sampel-sampel tersebut sebelumnya dilarutkan dalam 1% N-N dimetil formamida dan selanjutnya

diinkubasikan pada suhu 30°C selama 2 hari. Pada konsentrasi tertentu, sampel yang tidak memperlihatkan adanya pertumbuhan dicatat sebagai konsentrasi yang menghambat. Dalam medium cair konsentrasi penghambatan pertumbuhan ditentukan dengan cara menumbuhkan jasad renik uji ke dalam 10 ml Potato Dextrosa Broth (PDB) mengandung sampel dengan konsentrasi yang berbeda-beda, setelah terlebih dahulu sampel dilarutkan dalam 1%-N-N dimetil formamida. Konsentrasi penghambatan pertumbuhan ditentukan dengan mengukur kepekatan optik pada panjang gelombang 660 nm.

Aktivitas fungisida

Pra-kultur khamir dilakukan dalam medium PDA pada suhu 30°C selama 24 jam. Sel-sel khamir dipanen dengan Sartorius membrane (pori 0,45 um), selanjutnya dicuci 2 kali dengan bufer (pH bufer sesuai dengan pH medium). Suspensi spora dibuat menggunakan bufer yang sama. Untuk mengetahui efek sampel terhadap ketahanan sel, sebanyak 0,1 ml suspensi diinokulasikan ke dalam medium mengandung sampel dengan konsentrasi tertentu. Kepekatan suspensi diatur sedemikian rupa sehingga memberikan bacaan $OD_{660} = 0,001$. Setelah diinkubasikan selama 24 jam pada suhu 30°C, sebanyak satu ml sampel diambil dan ditumbuhkan pada permukaan medium. Jumlah sel yang hidup ditentukan secara "plate count method."

Efek askorbat kaprat sebagai agen pembunuh sel-sel khamir

Sebagai jasad renik uji dipilih *S. cerevisiae* OUT7054. Cara uji yang dilakukan sama dengan metode yang diuraikan di atas, tetapi pengujian dilakukan pada beberapa macam suhu dan pH yang berbeda, yaitu pada suhu 30, 35 dan 40°C dan pH 5, 5.5 dan 6. Satu ml sampel pada masing-masing perlakuan dipanen pada selang waktu 0, 5, 10, 15, 20, 40 dan 60 menit, selanjutnya diencerkan hingga mencapai konsentrasi tertentu. Selanjutnya sebanyak 0,1 ml sampel diambil dan

diinokulasikan pada permukaan medium PDA. Penghitungan jumlah sel yang hidup ditentukan secara "plate count metode". Efek masing-masing perlakuan terhadap aktivitas antimikroba askorbil kaprat ditentukan dengan membuat grafik semi log prosentase jumlah sel *S. cerevisiae* OUT7054 yang dapat bertahan hidup pada selang waktu tertentu.

HASIL

Aktivitas antimikroba beberapa asam lemak askorbil terhadap beberapa jenis khamir sudah dilaporkan oleh Naiola (1991). Askorbil kaprat dan kaprat dapat menghambat pertumbuhan *Candida utilis* OUT6020, *Pichia dubia* OUT6287, *Hansenula anomala* OUT6079 dan *S. cerevisiae* pada konsentrasi 2,5-5 mM.

Sebagai jasad renik uji, *S. cerevisiae* lebih sensitif dibandingkan biak khamir lainnya, karena oleh askorbil kaprat dan laurat dapat dihambat pertumbuhannya pada konsentrasi yang lebih rendah dibandingkan yang diperlukan untuk menghambat biak khamir lainnya. Efektivitas senyawa penghambat ini tergantung pada strain yang digunakan. Dari 4 strain *S. cerevisiae* yang digunakan *S. cerevisiae* OUT7054 paling sensitif terhadap askorbil kaprat bahkan pada konsentrasi 1,25 mM, ditandai dengan adanya penghambatan terhadap pertumbuhannya (tabel 2), sedang untuk strain lainnya tidak menunjukkan adanya penghambatan pada konsentrasi tersebut.

Aktivitas antimikroba

Penentuan konsentrasi terendah (MIC) askorbil kaprat dan laurat yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba dalam medium cair dilakukan supaya dapat dengan mudah dipelajari aktivitasnya.

Sifat-sifat antimikroba dari askorbil kaprat diteliti dengan menggunakan *S. cerevisiae* sebagai jasad renik uji. Pada Tabel 3 ditunjukkan bahwa askorbil kaprat memiliki aktivitas antimikroba, sehingga dapat digunakan sebagai bahan untuk

sterilisasi terhadap khamir. Sebagaimana tercantum dalam tersebut bahwa dengan konsentrasi 5 mM askorbil kaprat dapat membunuh seluruh sel *S. cerevisiae* OUT7020 dan *S. cerevisiae* OUT7054 setelah diperlakukan selama 24 jam, sedang pada *C. utilis* OUT6020 diperlukan konsentrasi 10 mM untuk membunuh seluruh selnya setelah diperlakukan selama 24 jam.

Beberapa karakterisasi aktivitas antimikroba askorbil kaprat

Pada gambar 1, *S. cerevisiae* OUT7054 diperlakukan dengan askorbil kaprat pada beberapa macam konsentrasi 5 mM (MIC), 7,5 dan 10 mM dalam 0,1 M sitrat bufer (pH 6.0), suhu 30°C. Kurva jumlah sel *S. cerevisiae* yang bertahan hidup ternyata tidak eksponensial sehingga efek dari perbedaan konsentrasi bahan yang diuji aktivitasnya sebagai antimikroba terhadap aktivitas fungisida tersebut tidak begitu jelas terlihat. Dari data tersebut terlihat bahwa waktu yang diperlukan untuk menekan sel hidup hingga menjadi 1% dari jumlah yang diberikan (100%) pada konsentrasi 5, 7,5 dan 10 mM masing-masing 63, 52 dan 45 menit. Indek efek konsentrasi (n) biasanya dihitung berdasarkan persamaan $k = AC^n$ di mana k merupakan "killing rate", C menunjukkan konsentrasi bahan yang digunakan sedangkan A merupakan bilangan konstan. Karena pada percobaan ini nilai k tidak didapat maka efek dari perbedaan konsentrasi (n) dilihat berdasarkan waktu yang diperlukan untuk menekan jumlah sel yang dapat bertahan hidup sampai menjadi 1% untuk masing-masing konsentrasi. Berdasarkan perhitungan ini nilai rata-rata n yang diperoleh juga rendah yaitu sebesar 0,49. Rendahnya nilai yang diperoleh juga menunjukkan bahwa efek dari perbedaan konsentrasi yang dipergunakan masih sangat kecil.

Pada Gambar 2, sel *S. cerevisiae* OUT7054 diperlakukan dengan 5 mM askorbil kaprat dalam sitrat bufer pH 6, pada suhu yang berbeda-beda (30, 35 dan 40°C) dan sebagai kontrol

digunakan suhu 40°C tanpa ester. Pada kontrol sel yang hidup terlihat stabil sampai 60 menit, tetapi apabila diperlakukan dengan 5 mM askorbil kaprat, jumlah sel yang hidup menurun secara drastis. Sel *S. cerevisiae* yang bertahan hidup pada suhu 30°C (pada Gambar 2) hampir sama dengan data yang terlihat pada Gambar 1. Berdasarkan data tersebut, perlakuan dengan suhu 30, 35 maupun 40°C menunjukkan bahwa pengaruh suhu terhadap perlakuan dengan askorbil kaprat sangat nyata, di mana dengan peningkatan suhu efektifitas askorbil kaprat sebagai antimikroba juga meningkat.

Gambar 3, menunjukkan hasil uji *S. cerevisiae* OUT7054 yang diperlakukan dengan 5 mM askorbil kaprat dalam 0,1 M sitrat bufer (pH 5, 5,5 dan 6) dan sebagai kontrol digunakan pH 5 tanpa senyawa penghambat. Dari hasil tersebut terlihat bahwa penurunan pH berpengaruh dalam penggunaan ester sehingga menjadi lebih efisien.

Terakhir diteliti adanya pengaruh kombinasi beberapa perlakuan tersebut di atas dicoba terhadap aktivitas antimikroba askorbil kaprat. Pada gambar 4 ditunjukkan hasil mengenai sel *S. cerevisiae* yang diperlakukan dengan 5 mM askorbil kaprat dalam sitrat dan asetat bufer (pH 5.5) dan suhu 30°C. Hasilnya menunjukkan bahwa jumlah sel yang dapat bertahan hidup dalam asetat bufer lebih rendah (bandingkan data pada gambar 4 dengan gambar 3). Dari data tersebut terlihat bahwa penggunaan askorbil kaprat sebagai antimikroba akan lebih efektif apabila dilakukan menggunakan media asetat bufer dibandingkan sitrat bufer. Hasil yang sama juga terlihat pada kondisi yang berbeda yaitu kombinasi antara pH 6; suhu 35 C (gambar 5).

Secara keseluruhan terlihat bahwa penggunaan askorbil kaprat sebagai antimikroba lebih dipengaruhi oleh terjadinya peningkatan suhu dibanding penurunan pH.

DISKUSI

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi atau data yang berkaitan

dengan aktivitas antimikroba ester dari asam askorbat dengan asam lemak. Sampel-sampel antimikroba yang digunakan tidak diperoleh secara alami, sehingga untuk memperolehnya dilakukan proses secara sintesa kimiawi. Aktivitas antimikroba atau daya hambat askorbil kaprat dan laurat terhadap *S. cerevisiae* hampir sama (Tabel 1 dan Tabel 2). Aktivitas antimikroba kedua ester tersebut lebih rendah dibandingkan aktivitas yang dimiliki oleh ester gliserol monokaprat dan monolaurat (Kato dan Sbibasaki, 1974). MIC dari askorbil kaprat berdasarkan hasil penelitian ini berkisar antara 1,25-5 mM, sedangkan pada gliserol kaprat 0,5 mM. Rendahnya aktivitas sampel yang diamati (askorbil kaprat) kemungkinan disebabkan perbedaan kondisi perlakuan antara lain perbedaan jenis medium dan pH yang digunakan. Aktivitas antimikroba askorbil kaprat dalam penelitian ini diuji dalam medium PDA pada pH 6, sedangkan aktivitas gliserol kaprat diuji dalam medium Czapek Dox's agar ditambah ekstrak khamir dan pepton pada pH 5,6. Dugaan ini diperkuat dengan hasil yang diperoleh terlihat pada Gambar 3, di mana terlihat bahwa aktivitas antimikroba askorbil kaprat sangat dipengaruhi oleh pH. Hasil yang sama juga sama dijumpai pada laporan tentang aktivitas bakteriostatik dari ester, sebagaimana dilaporkan oleh Tawaratani (1984).

Disamping memiliki aktivitas fungistatik (menghambat pertumbuhan kapang), askorbil kaprat juga memiliki aktivitas antimikroba (dapat membunuh sel *S. cerevisiae*). Hal tersebut terlihat dari hilangnya kemampuan hidup sel *S. cerevisiae*, baik *S. cerevisiae* OUT7020 ataupun *S. cerevisiae* OUT7054 setelah diperlakukan dengan askorbil kaprat pada konsentrasi terendah yang dapat menghambat(MIC) setelah 24 jam (tabel 3). Begitu pula pengaruhnya terhadap bakteri sebagaimana telah dilaporkan Tawaratani *et al*, (1984). Adanya aktivitas antimikroba askorbil kaprat terlihat dari data pada Gambar 1-5. Efek perbedaan konsentrasi askorbil kaprat sebagai aktivitas antimikroba tidak terlalu nyata dibanding aktivitas bakterisidanya

(Tawaratani, 1984). Aktivitas fungisida askorbil kaprat dipengaruhi oleh suhu (Gambar 2). Pada gambar tersebut terlihat tidak satupun sel *S. cerevisiae* OUT7054 yang bertahan hidup setelah diperlakukan selama 15 menit dengan kombinasi perlakuan antara 5 mM askorbil kaprat dengan suhu 40°C. Daya larut ester ini pada suhu 40°C meningkat lebih dari 10 kali dibandingkan pada suhu 30°C (Tawaratani, 1984). 'Activation energy' untuk membunuh sel *S. cerevisiae* OUT7054 (42,0 k.kal/mol kalau dihitung berdasarkan data pada suhu 30°C) menyebabkan tidak ada satu sel pun mampu bertahan hidup hanya dalam beberapa menit apabila diperlakukan dalam sitrat bufer mengandung 5 mM askorbil kaprat pada suhu 50°C.

Aktivitas antimikroba askorbil kaprat dipengaruhi oleh pH, kenyataan ini sesuai dengan laporan Tawaratani (1984). Menurut Awakakara *et al.* (1977) aktivitas antimikroba asam lemak askorbil lebih stabil pada pH rendah, dibandingkan pH tinggi sehingga penggunaannya lebih efektif pada suasana asam. Dari penelitian ini nyata bahwa tidak terlihat adanya peningkatan aktivitas antimikroba apabila pengujian dilakukan di dalam sitrat bufer karena jumlah sel *S. cerevisiae* OUT7054 yang dapat bertahan hidup dalam sitrat bufer lebih tinggi dibandingkan dalam asetat bufer (Gambar 4 dan Gambar 5). Menurut Kato dan Shibasaki (1976; 1977), sitrat mempunyai aktivitas "chelating", yaitu dapat mengikat ion Mg dan merusak membran luar (*outer membrane*) bakteri gram negatif sehingga kombinasi perlakuan dengan sitrat menjadi lebih efektif, akan tetapi dalam percobaan ini aktivitas chelating dari sitrat tidak efektif karena mempunyai struktur membran luar yang berbeda. Secara keseluruhan terlihat bahwa aktivitas antimikroba askorbil kaprat lebih dipengaruhi oleh suhu dibandingkan pH, sehingga kondisi yang paling efektif untuk penggunaannya adalah dengan meningkatkan suhu serta menurunkan pH.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pengaruh beberapa ester (asam lemak askorbil) yang diteliti, aktivitas antimikroba yang paling tinggi ditunjukkan oleh askorbil kaprat. Askorbil kaprat disamping memiliki aktivitas fungistatik juga memiliki aktifitas antimikroba dengan konsentrasi terendah yang dapat menghambat (MIC) berkisar antara 1,25-5 mM. Dari beberapa jenis khamir yang digunakan sebagai jasad renik uji terlihat bahwa *S. cerevisiae* lebih sensitif terhadap askorbil kaprat dibandingkan biakan lainnya. Kepekaannya juga tergantung pada strainnya. Diantara strain-strain yang diuji *S. cerevisiae* OUT7054 merupakan strain yang paling sensitif. Aktivitas antimikroba askorbil kaprat dipengaruhi oleh suhu dan pH, di mana penggunaannya menjadi lebih efektif seiring dengan terjadinya peningkatan suhu ataupun penurunan pH.

DAFTAR PUSTAKA

- Arakawa N, Ebata T, Lin-Yu Huang and Inagaki C. 1971. *Vitamin* 43, 166.
- Conley AJ and Kabara JJ. 1973. Antimicrobial action of esters of polyhydric alcohols. *Antimicrob. Agents Chemother* 4, 501-506.
- Cousins RC, Seib PA, Hoseney RC, Deyoe CW, Liang YT, Donald W and Lillard JR. 1977. Synthesis of 6-Fatty Acid Esters of L-Ascorbic Acid.. *Journal of American Oil Chemistry Society* 54, 308.
- Naiola E. 1991. Daya hambat beberapa ester dari asam askorbat dan asam lemak terhadap jasad renik. *Makalah dipresentasikan dalam Seminar Nasional Bioproses Industri PAU Bioteknologi ITB*, Bandung, 17-19 Januari.
- Kabara JJ, Suriczowski DM, Conley AJ, Truant JP. 1972. Fatty acids and derivatives as antimicrobial agents. *Antimicrob. Agents Chemother* 2, 23.

Kato N and Shibasaki I. 1975. Comparison of antimicrobial activities of fatty acids and their esters by heat treatment of xylose. *Journal of Fermentation Technology* 53, 793-801.

Kato N and Shibasaki I. 1976. Combined effect of citric and polyphosphoric acid on the antibacterial activity of monoglycerides. *Journal of Antibacterial Antifung. Agents* 4, 254.

Kato N and Shibasaki I. 1977. Combined effects of citric and polyphosphoric acids on the antibacterial activity of monocaprin

against *Salmonella typhimurium* and *Staphylococcus aureus*. *Journal of Antibacterial Antifung. Agents* 5, 473-478.

Tawaratani T, Fujii K and Shibasaki I. 1984. *Abstract Ann. Meeting Soc. Antibacterial Antifung. Agents*, p. 83.

Shibasaki I and Kato N. 1978. Combined effect on activity of fatty acid and their esters against gram-negative bacteria. *Symposium on the Pharmacological Effects of Lipids, AOCs Monograph* 5, 15-24.

Tabel 1. Aktivitas antimikroba askorбил kaprat dan askorбил laurat terhadap beberapa biak khamir.

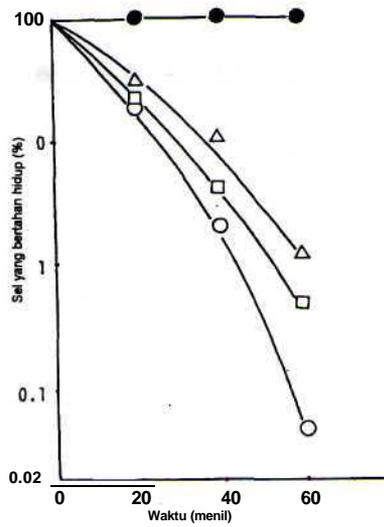
Jasad renik	Konsentrasi minimum penghambatan (mM)	
	Askorбил kaprat	Askorбил laurat
<i>C. utilis</i> OUT6020	5	>10
<i>P. dubia</i> OUT6287	>10	>10
<i>H. anomala</i> OUT6079	10	>10
<i>S. cerevisiae</i> OUT7020	5	5
<i>S. cerevisiae</i> OUT7054	5	5

Tabel 2. Aktivitas antimikroba beberapa asam lemak askorбил ($C_8 - C_{14}$) terhadap beberapa strain *S. cerevisiae*.

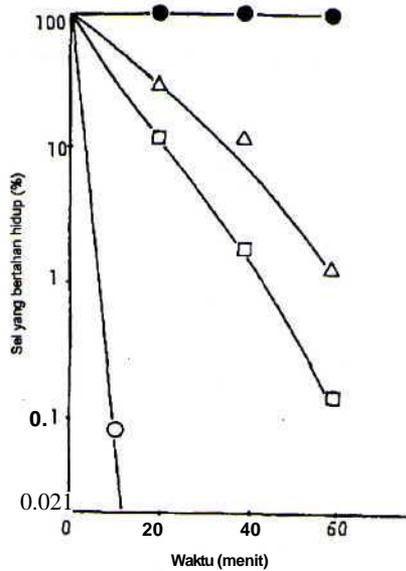
Strain	Konsentrasi minimum penghambatan (mM)			
	AsC ₈	AsC ₁₀	AsC ₁₂	AsC ₁₄
<i>S. cerevisiae</i> OUT7020	5	2,5	5	5
<i>S. cerevisiae</i> OUT7054	>5	1,25	5	5
<i>S. cerevisiae</i> C415-305C	5	>5	>5	>10
<i>S. cerevisiae</i>	5	>5	>5	>10

Tabel 3. Efek kaprat dan laurat terhadap perumbuhan *S. cerevisiae* OUT 7020, OUT7054 dan *C. utilis*.

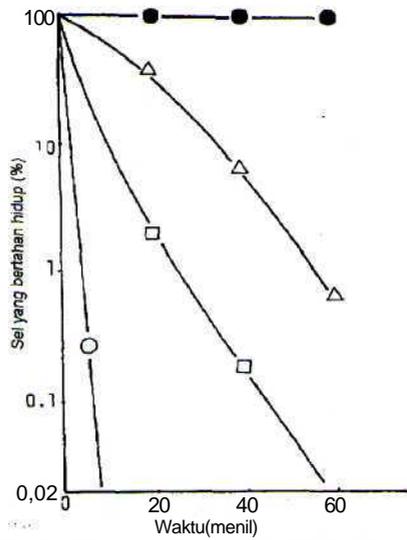
Ester	Konsentrasi	Jasad renik	Jumlah sel/ ml	
			0 jam	24 jam
AsC ₁₀	2,5	<i>S. cerevisiae</i> OUT7020	4,2 x 10 ⁸	1,5 x 10 ²
	5	<i>S. cerevisiae</i> OUT7020	2,9 x 10 ⁸	tidak ada
	2,5	<i>S. cerevisiae</i> OUT7054	4,45 x 10 ⁸	9x10
	5	<i>S. cerevisiae</i> OUT7054	3,8 x 10 ⁸	tidak ada
	5	<i>C. utilis</i> OUT6020	6,6 x 10 ⁸	10 ⁸
	10	<i>C. utilis</i> OUT6020	4,9 x 10 ⁸	tidak ada
AsC ₁₂	2,5	<i>S. cerevisiae</i> OUT7020	2,8 x 10 ⁸	3x10 ²
	5	<i>S. cerevisiae</i> OUT7020	6,0 x 10 ⁸	19x10
	2,5	<i>S. cerevisiae</i> OUT7054	1,6 x 10 ⁴	10 ²
	5	<i>S. cerevisiae</i> OUT7054	1,7 x 10 ⁴	7x10



Gambar 1. Efek askorbil kaprat terhadap ketahanan hidup *S. cerevisiae* OUT 7054 dilakukan pada suhu 30° C dalam sitrat bufer (pH 6) dengan konsentrasi
 A : 5mM O : 10 mM
 ◻ : 7,5 mM • : kontrol (tanpa bahan penghambat)



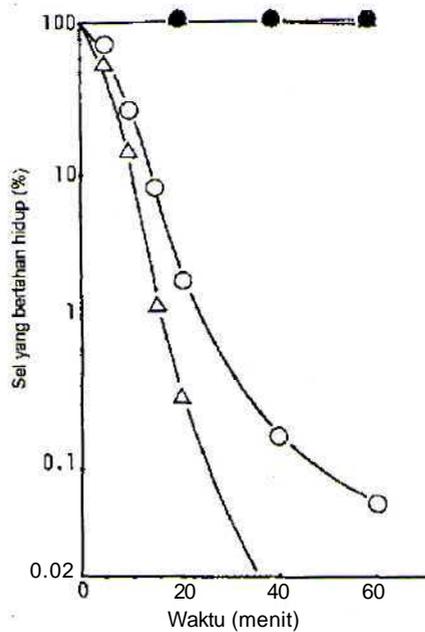
Gambar 2. Efek dari 3 tingkat suhu terhadap sterilisasi *S. cerevisiae* OUT 7054 dengan 5 mM askorbil kaprat dalam sitrat bufer (pH 6).
 A : 30° C O : 40° C
 • : 35°C ◻ : kontrol (40° C tanpa bahan penghambat)



Gambar 3. Efek beberapa tingkat pH terhadap sterilisasi *S. cerevisiae* OUT 7054 dengan 5 mM askorbil kaprat pada 30° C dalam sitrat bufer.

A : pH6 O : pH 5

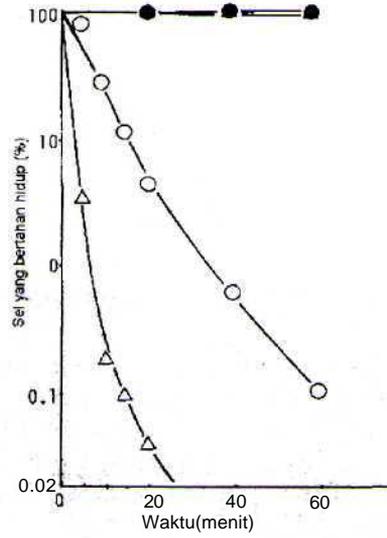
D : pH 5,5 • : kontrol (pH 5 tanpa bahan penghambat)



Gambar 4. Efek penggunaan 5 mM askorbil kaprat terhadap sterilisasi *S. cerevisiae* OUT 7054 pada pH 5,5 dan suhu 30° C dalam sitrat bufer dan asetat bufer.

O : sitrat bufer • : sitrat bufer tanpa bahan penghambat

A : asetat bufer • : asetat bufer tanpa bahan penghambat



Gambar 5. Efek penggunaan 5 mM askorбил kaprat terhadap sterilisasi *S. cerevisiae* OUT 7054 pada pH 6 dan suhu 35° C dalam sitrat bufer dan asetat bufer.

- O : sitrat bufer • : sitrat bufer tanpa bahan penghambat
- A : asetat bufer A : asetat bufer tanpa bahan penghambat