

# SENSITIVITAS BAKTERI GRAM POSITIF TERHADAP KATEKIN YANG DIEKSTRAKSI DARI GAMBIR (*Uncaria gambir*)

*Sensitivity Of Gram-Positive Bacteria Toward Catechin Extracted From Gambir (Uncaria gambir) Roxb*

Rindit Pambayun<sup>1</sup>, Murdijati Gardjito<sup>2</sup>, Slamet Sudarmadji<sup>2</sup>, dan Kapti Rahayu K<sup>2</sup>

## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang sensitivitas bakteri Gram positif terhadap katekin yang diekstraksi dari gambir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan dengan ekstrak katekin 6 % mempengaruhi pertumbuhan bakteri Gram positif (*Staphylococcus mutans*, *S. aureus*, and *B. subtilis*). *S. mutans* dan *S. aureus* dihambat oleh ekstrak secara nyata. Aktivitas antibakteri ekstrak katekin dari gambir menyebabkan kerusakan sel secara permanen. Sel tetap tidak dapat tumbuh meskipun ke dalam medium ditambahkan  $MgSO_4$ . Hal itu berarti bahwa ekstrak katekin dari gambir mempunyai sifat bakterisidal. Penambahan ekstrak katekin ke dalam medium dengan konsentrasi 4, 6 dan 8 % sudah dilakukan untuk melihat laju penghambatan pertumbuhan bakteri. Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan 4 % ekstrak katekin sedikit menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif. Penambahan 6 dan 8 % ekstrak katekin ke dalam medium menyebabkan pertumbuhan *S. mutans* dan *S. aureus* menurun setelah satu jam, sedangkan *B. subtilis* tetap tahan terhadap ekstrak katekin. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *S. mutans* paling sensitif terhadap ekstrak katekin dari gambir, diikuti oleh *S. aureus* dan *B. subtilis*.

**Keywords:** Bakteri Gram-positif, katekin, gambir

## ABSTRACT

Research about sensitivity of Gram-positive bacteria toward catechin extracted from gambir product has been conducted. The results showed that treatment with 6 % catechin extracts affects the growth of Gram-positive bacteria (*Staphylococcus mutans*, *S. aureus*, and *B. subtilis*). Both *S. mutans* and *S. aureus* were inhibited significantly by the extract. Antibacterial activities of (+)-catechin extracted from gambir caused the cell damage irreversibly. Even by addition of  $MgSO_4$  to the media, the cell could not grow anymore. It means that (+)-catechin extracted from gambir had bactericidal property. Furthermore, addition of 4, 6, and 8 % (w/v) of the extracts to the media had been carried out to investigate the rate of inhibition. The results showed that the addition of 4 % of the extracts slightly inhibit the Gram-positive bacteria. The addition of 6 and 8 % of the extract showed that the growth of both *S. mutans* and *S. aureus* decline during one hour, while *B. subtilis* still resistant to the catechin. It could be concluded that *S. mutans* was the most sensitive bacteria to the catechin extracted from gambir followed by *S. aureus* and *B. subtilis*.

**Keywords:** Gram-positive bacteria, catechin, gambir

## PENDAHULUAN

Senyawa polifenol gambir adalah sebagai (+)-katekin (Anonymous, 2005; Pambayun dkk., 2007a) yang merupakan senyawa alami dari tanaman yang mempunyai beberapa peranan, salah satu perannya antara lain sebagai senyawa antibakteri (Pambayun dkk., 2007b). Kemampuannya sebagai antibakteri disebabkan polifenol mudah berikatan

dengan senyawa organik lain terutama protein. Terbentuknya senyawa kompleks menyebabkan fungsi dan peranan senyawa tersebut menjadi berkurang (Laus, 2004), bahkan menyebabkan kebocoran dan kematian sel (Pambayun dkk., 2008).

Sampai saat ini, katekin gambir masih jarang diteliti dan dimanfaatkan sebagai senyawa antibakteri. Padahal,

<sup>1</sup> Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Palembang- Prabumulih Km. 32, Inderalaya, OI 30662

<sup>2</sup> Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Jl. Sosio Yustisia, Bulaksumur, Yogyakarta 55281

beberapa sumber menyatakan bahwa gambir dikenal sebagai sumber katekin melebihi dari tanaman lain seperti teh. Pada teh hijau, misalnya, kadar katekin total yang terdiri dari (-)-epigalokatekin galat, (-)-epigalokatekin (-)-epikatekin galat, dan (-)-epikatekin (Xu dkk., 2004) berkisar antara 20 sampai 30 %. Pada gambir, kadar katekin dapat mencapai 67,55 sampai 72,02 % (Pambayun dkk., 2001). Jadi, kadar katekin gambir kurang lebih mencapai 3 kali dari kadar katekin teh hijau.

Penelitian tentang katekin gambir sebagai antibakteri tidak hanya dapat memberikan kontribusi sebagai landasan penggunaan gambir selanjutnya dalam mengatasi masalah penggunaan antibakteri sintetik, tetapi juga dapat menyumbangkan ilmu pengetahuan khususnya tentang kemampuan, mekanisme, sifat, dan efektifitas katekin dari gambir dalam menghambat (bakteriostatik), mematikan (bakterisida), atau membocorkan (bakteriolitik) sel bakteri.

Kemampuan aktivitas antibakteri juga tidak sama untuk setiap mikrobia yang diuji. Cowan dkk. (1999) menyatakan, meskipun katekin teh berperan sebagai antibakteri bagi *Vibrio cholerae*, *Streptococcus mutans*, dan *Shigella*, kekuatan antibakterinya berbeda-beda untuk bakteri satu dengan lainnya. Lebih lanjut, Smith dkk. (2003) melaporkan bahwa katekin yang merupakan senyawa golongan tanin lebih efektif sebagai antibakteri untuk bakteri Gram-positif dari pada sebagai antibakteri untuk bakteri Gram-negatif. Kenyataan itu diduga karena struktur dinding sel kedua bakteri itu berbeda komposisinya.

Kemampuan antibakteri terhadap bakteri Gram-positif juga ditentukan oleh jenis selnya. *Staphylococcus aureus* memiliki kemampuan membentuk lapisan fibrin pada umur tertentu sehingga lebih resisten terhadap senyawa antibakteri (Smith dkk., 2003). *Bacillus subtilis*, mampu membentuk endospora pada lingkungan kurang kondusif (Madigan dkk., 1997), yang merupakan protektor bagi senyawa kimia yang bersifat sebagai antibakteri. Kedua hal tersebut tidak dimiliki oleh bakteri *Streptococcus mutans*. Meskipun sesama Gram-positif, respon terhadap antibakteri dapat berbeda.

Tujuan penelitian adalah mengetahui sensitifitas bakteri Gram-positif, baik sebagai bakteriostatik, bakterisida, atau bakteriolitik terhadap ekstrak katekin gambir.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Pembuatan Kurva Pertumbuhan Normal Sel Bakteri

Setiap isolat ditumbuhkan dalam tabung reaksi berisi 10 mL media NB pada suhu 37 °C dalam waktu 16 jam. Media *Nutrient Broth* sebanyak 90 mL dalam Erlenmeyer 250 mL untuk setiap jenis bakteri disiapkan. Setiap isolat diinokulasi dalam labu Erlenmeyer dan ditumbuhkan pada 37 °C selama

24 jam. Setiap perlakuan dibuat replika. Sampel sebanyak 4 mL diambil dari jam ke 0 sampai jam ke 24 dengan selang waktu 2 jam menggunakan pipet steril 5 mL. Absorbansi diukur dengan spektrofotometer ultra violet (UV Vis Shimadzu, UV-1650 PC), media tanpa diinokulasi digunakan sebagai blanko. Data yang diperoleh diplot dalam bentuk grafik pertumbuhan yang ekspresikan sebagai absorbansi fungsi waktu.

### Pembuatan Kurva Pertumbuhan Sel Bakteri Setelah Diintroduksi dengan Ekstrak Katekin Gambir

Bakteri pada fase pertumbuhan logaritmik, kultur bakteri uji diberi senyawa katekin 6 %, selanjutnya ditentukan konsentrasi sel berdasarkan absorbansinya. Kurva absorbansi versus waktu dibuat. Kurva ini dapat memberikan informasi tentang respon bakteri tersebut setelah diintroduksi dengan ekstrak katekin gambir.

### Uji Recovery Sel Bakteri dengan Penambahan MgSO<sub>4</sub>

Uji *recovery* dilakukan dengan metoda sebagai berikut. Sebanyak 18 Labu Erlenmeyer masing-masing berisi 90 mL *nutrient broth* (NB) steril disiapkan. Setiap labu diinokulasi dengan 10 mL bakteri uji (*Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, dan *Bacillus subtilis* pada fase pertumbuhan logaritmik 8 jam). Inokulan diinkubasi pada suhu 37 °C selama 8. Setelah itu, masing-masing inokulan diberi larutan MgSO<sub>4</sub> sebanyak 0, 20, 40, 60, 80, dan 100 ppm. Campuran dihomogenisasi selama 10 menit, dan diberi larutan katekin dalam DMSO 50 % sebanyak 3 mL pada konsentrasi 4 %. Absorbansi diukur pada  $\lambda$  650 nm setiap jam selama lima jam berurut-urut, dan dibuat grafik absorbansi versus waktu.

### Laju Kematian Bakteri

Penentuan laju kematian bakteri dilakukan dengan penambahan ekstrak produk gambir yang diketahui jenis katekinnya pada konsentrasi 4, 6, dan 8 % terhadap isolat yang diuji (*Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, dan *Bacillus subtilis* pada fase pertumbuhan logaritmik 8 jam). Sampel diambil setiap jam selama 5 jam, dan diplating untuk mengetahui tingkat kematian sel akibat perlakuan dengan ekstrak katekin gambir. Kematian bakteri akibat penambahan katekin dibuat grafik untuk mengetahui laju penghambatan katekin terhadap pertumbuhan bakteri uji.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

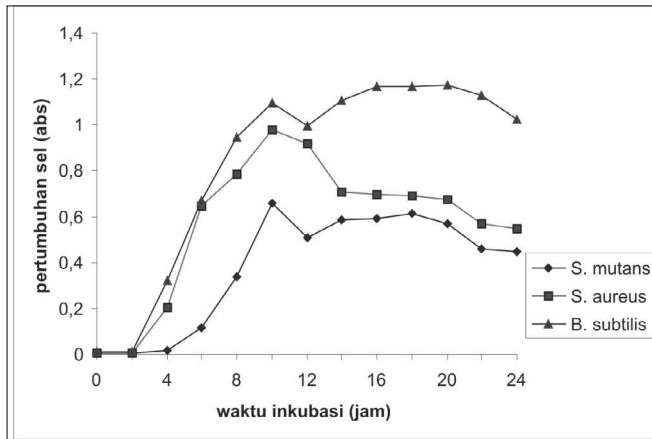
Untuk menentukan sensitifitas bakteri Gram-positif terhadap ekstrak ekstrak katekin gambir dilakukan penentuan pertumbuhan normal, pertumbuhan bakteri uji setelah diberikan perlakuan dengan ekstrak katekin gambir, pertumbuhan setelah diberi perlakuan dengan ekstrak katekin dan ditam-

bah dengan MgSO<sub>4</sub>, serta penentuan laju kematian bakteri uji pada berbagai konsentrasi ekstrak katekin yang diberikan.

**Pola Pertumbuhan Normal Bakteri *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, dan *Bacillus subtilis***

Pertumbuhan normal bakteri *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, dan *Bacillus subtilis* perlu diketahui fase-fasenya serta waktu yang diperoleh untuk mencapai fase-fase tersebut berdasarkan pada kurva pertumbuhan dan laju pertumbuhan spesifiknya.

**Kurva Pertumbuhan Bakteri *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, dan *Bacillus subtilis*.** Dalam keadaan normal, pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, dan *Bacillus subtilis* pada medium *Nutrient Broth* (NB) dapat dilihat pada Gambar 1. Pada masa pertumbuhan selama 24 jam (satu kali masa pertumbuhan), fase-fase pertumbuhannya dapat diketahui dengan jelas. Fase adaptasi dicapai sampai pada jam ke dua untuk ketiga bakteri uji. Fase logaritmik atau fase eksponensial dicapai setelah waktu pertumbuhan 10-12 jam. Selanjutnya, fase stasioner dicapai pada saat pertumbuhan mencapai 12-20 jam, dan fase kematian dicapai setelah 20 jam.

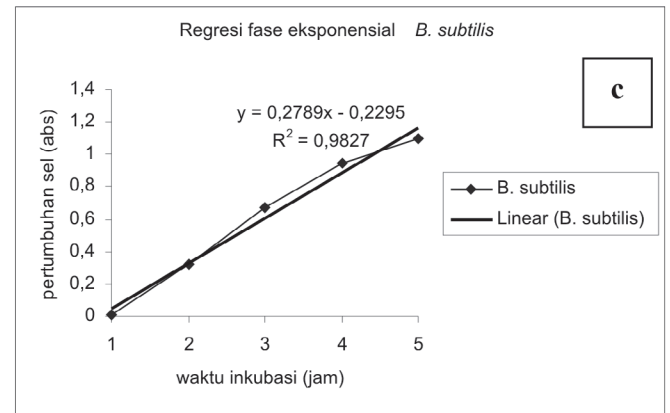
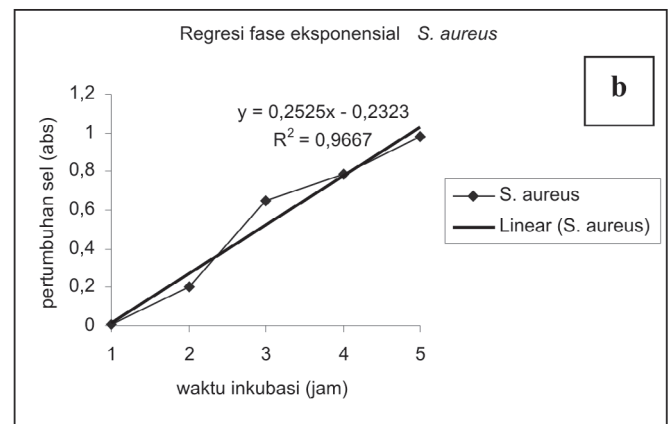
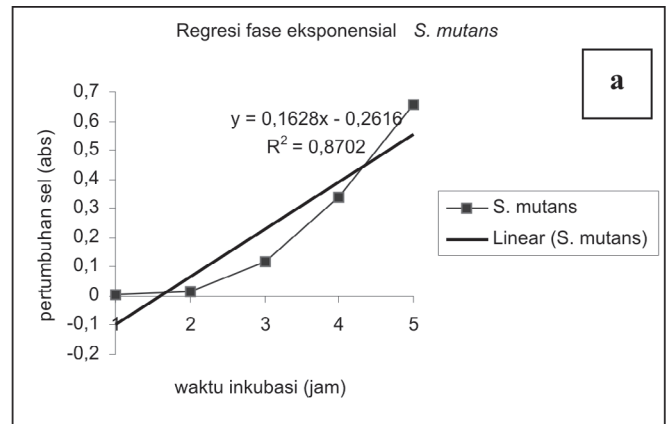


Gambar 1. Pola pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, dan *Bacillus subtilis* pada media *Nutrient Broth*, inkubasi 37 °C selama 24 jam

Untuk pengujian fisiologis, umur kultur atau populasi kultur biasanya digunakan saat kultur mencapai fase logaritmik, fase saat bakteri mengalami pertumbuhan tercepat. Dari kenyataan tersebut dapat direkomendasikan bahwa untuk penelitian pengujian fisiologis bagi ketiga kultur bakteri uji yang digunakan adalah yang berumur 10-12 jam.

**Laju Pertumbuhan Spesifik (*specific growth rate*) Bakteri *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, dan *Bacillus subtilis*.** Laju pertumbuhan spesifik adalah laju pertumbuhan bakteri ditentukan pada saat pertumbuhan

mencapai fase logaritmik. Laju pertumbuhan spesifik dipakai untuk menentukan kecepatan tumbuh dan umur yang tepat suatu kultur atau populasi bakteri tertentu untuk pengujian fisiologis. Laju pertumbuhan spesifik tergantung pada medium yang dipakai untuk penentuannya. Semakin tinggi angka laju pertumbuhan spesifik suatu bakteri dalam suatu medium, semakin sesuai pertumbuhannya dan mudah berkembang biak. Gambar 2 menunjukkan grafik laju pertumbuhan spesifik dan angka tangen arah (*slope*) yang menunjukkan nilai laju pertumbuhan ketiga jenis bakteri.



Gambar 2. Laju pertumbuhan a) *Streptococcus mutans*, b) *Staphylococcus aureus*, dan c) *Bacillus subtilis* pada media *Nutrient Broth*, inkubasi 37 °C selama 24 jam

Dari Gambar 2 dapat diketahui, laju pertumbuhan spesifik untuk masing-masing bakteri *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, dan *Bacillus subtilis* tersebut secara berurutan adalah 0,16, 0,25, dan 0,28. Dari data itu dapat diketahui bahwa laju pertumbuhan dalam *nutrient broth* (NB), *Streptococcus mutans* paling rendah, diikuti oleh *Staphylococcus aureus*, dan *Bacillus subtilis*.

Dalam media NB dengan kondisi normal, tampak bahwa *Bacillus subtilis* jauh lebih mudah mengalami pertumbuhan dan berkembang biak dibanding dengan *Staphylococcus aureus* dan *Streptococcus mutans*. Sesuai dengan sifat resistensi dan sensitivitas terhadap (+)-katekin, dapat diketahui bahwa *Bacillus subtilis* paling resisten, diikuti oleh *Staphylococcus aureus*, dan *Streptococcus mutans*. Sifat sensitivitas yang sama bagi ketiga bakteri terjadi sebaliknya.

**Pertumbuhan Bakteri *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, dan *Bacillus subtilis* Setelah Perlakuan dengan Katekin (Pengujian Recovery)**

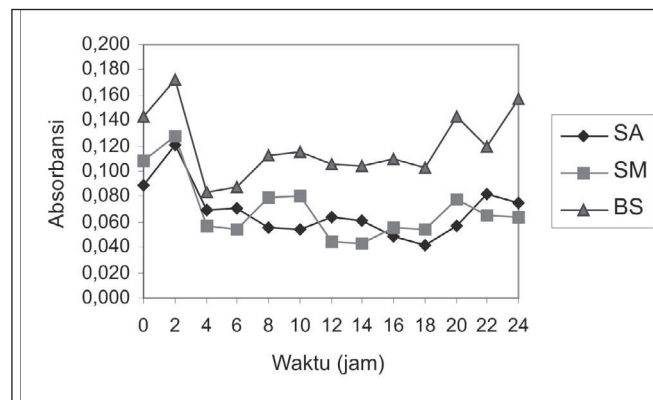
Perlakuan dengan pemberian ekstrak katekin menunjukkan bahwa ketiga bakteri tersebut tidak mengalami pertumbuhan secara normal (Gambar 3) setelah dilakukan penambahan ekstrak katekin 6 % ke dalam media pertumbuhannya. Bakteri *Streptococcus mutans* dan *Staphylococcus aureus* tampak tidak menunjukkan pertumbuhan lagi. Sebaliknya, bakteri *Bacillus subtilis* cenderung menunjukkan pertumbuhan setelah 22 jam.

Keadaan ini dapat diketahui bahwa *Bacillus subtilis* adalah bakteri pembentuk spora. Pada kondisi kurang menguntungkan (adanya katekin) sebagian sel bakteri mati sedang sebagian lain segera membentuk spora. Pada periode tertentu (22 jam), sifat resistensinya muncul, dan saat itu bakteri yang resisten, tumbuh menjadi sel vegetatif.

Kenyataan tersebut dapat diperkuat dengan data mikroskopis, yang menunjukkan bahwa bakteri *Bacillus subtilis* secara morfologis sebagian lisis sebagian tampak mengalami sporulasi, membentuk endospora (Gambar 3). Sel lisis karena kontak antara katekin yang terdapat dalam ekstrak gambir dengan komponen peptidoglikan pada dinding sel membentuk kompleks katekin-peptida yang menyebabkan kebocoran pada dinding sel tersebut. Terbentuknya spora bukan hanya melindungi sel dari pengaruh katekin, tetapi juga meningkatkan resistensi sel *Bacillus subtilis* terhadap katekin. Dengan demikian, *Bacillus subtilis* yang pernah mengalami perlakuan dengan katekin dapat meningkat resistensinya.

Dari uraian tadi dapat diketahui bahwa (+)-katekin gambir menghambat pertumbuhan ketiga jenis bakteri Gram-positif, *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, dan *Bacillus subtilis*, dan menyebabkan kematian bakteri tersebut. Penghambatan (+)-katekin terhadap *S. mutans* serupa dengan penghambatan terhadap *S. Aureus*. Sebaliknya, peng-

hambatan terhadap bakteri *B. subtilis* kurang dibanding-penghambatan kedua sebelumnya. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa (+)-katekin yang diekstrak dari gambir bersifat sebagai bakterisida dan bakteriolitik.

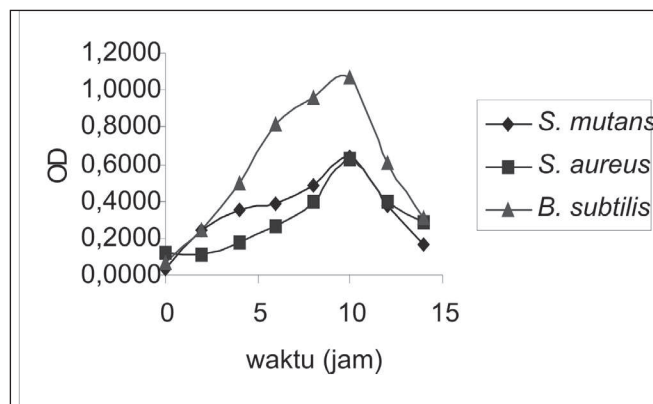


Gambar 3. Pola pertumbuhan a) *Streptococcus mutans*, b) *Staphylococcus aureus*, dan c) *Bacillus subtilis* pada media *Nutrient Broth*, inkubasi 37 °C selama 24 jam setelah diintroduksi dengan perlakuan katekin pada jam kedua.

**Pertumbuhan Bakteri *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, dan *Bacillus subtilis* Setelah Perlakuan dengan Magnesium (Pengujian Recovery)**

Untuk antibakteri tertentu yang secara mekanisme tidak mengganggu integritas dinding sel tetapi mengganggu sistem transport, adanya magnesium dapat menyebabkan *recovery* (penyembuhan) sel. Hal ini antara lain disebabkan, magnesium berperan sebagai transport dalam sistem membran dan dinding sel.

Pada penelitian ini, pemberian magnesium sulfat (MgSO<sub>4</sub>) 100ppm terhadap kultur bakteri yang diberi perlakuan dengan ekstrak katekin gambir tidak mampu menyebabkan bakteri mengalami *recovery*. Ini menunjukkan bahwa sel



Gambar 4. Respon bakteri a) *Streptococcus mutans*, b) *Staphylococcus aureus*, dan c) *Bacillus subtilis* terhadap MgSO<sub>4</sub> (diberikan pada jam ke 8) yang ditumbuhkan pada media *Nutrient Broth*, setelah diintroduksi dengan perlakuan katekin 6 % pada jam ke 10.

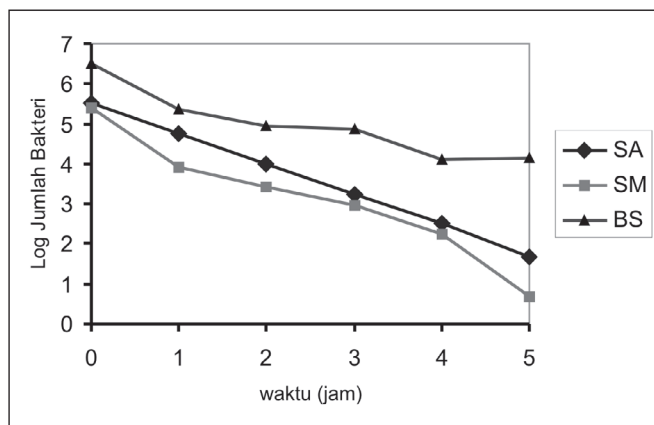
bakteri tersebut benar-benar telah mengalami kebocoran pada dinding dan sistem membrannya yang tidak dapat diperbaiki lagi (recovery). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa ekstrak katekin gambir bersifat sebagai bakterisida untuk bakteri Gram positif, baik untuk bakteri *S. mutans*, bakteri yang mampu membentuk fibrin (*S. aureus*), maupun bakteri yang dapat membentuk endospora (*B. subtilis*).

**Laju Kematian Bakteri *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, dan *Bacillus subtilis* Setelah Pemberian Ekstrak Gambir Katekin Sebagai Antibakteri Gram-positif**

Penambahan katekin 4 % menunjukkan bahwa semua bakteri mengalami kematian dengan laju yang berbeda. Laju kematian *Streptococcus mutans* adalah 0,82, *Staphylococcus aureus* 0,76, dan *Bacillus subtilis* 0,45 (Gambar 5). Data ini menunjukkan bahwa *S. mutans* adalah yang paling sensitif terhadap katekin gambir, diikuti oleh *S. aureus*, dan *B. subtilis*.

Bakteri *S. aureus* lebih resisten terhadap katekin dibanding *S. mutans* karena adanya biofilm yang kaya akan fibrin pada permukaan sel *S. aureus*. Kondisi ini dapat menyebabkan sel tersebut lebih resisten terhadap katekin dari pada sel lainnya (Akiyama dkk., 2001). Oleh sebab itu, sama-sama bakteri Gram-positif, *S. aureus* lebih resisten terhadap katekin dibanding *S. mutans* maupun *B. subtilis*.

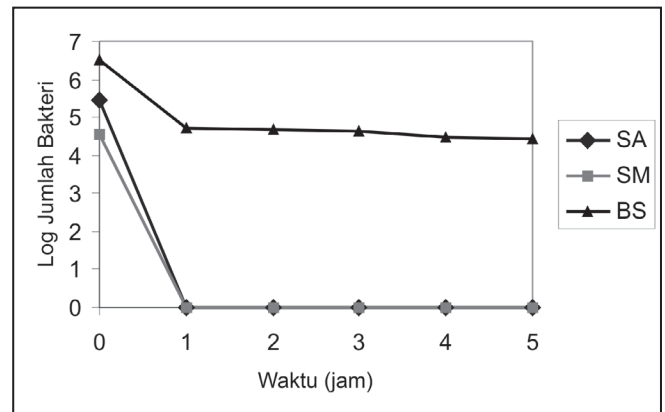
Pada peningkatan konsentrasi bahan terekstrak yang ditambahkan menjadi 6% (Gambar 5) dan 8% (Gambar 5), laju kematian bakteri *Streptococcus mutans* dan *Staphylococcus aureus* semakin cepat. Kecepatan laju kematian tersebut disebabkan (+)-katekin lebih banyak berikatan dengan komponen dinding sel dan menyebabkan kebocoran sel yang diikuti oleh kematian sel bakteri.



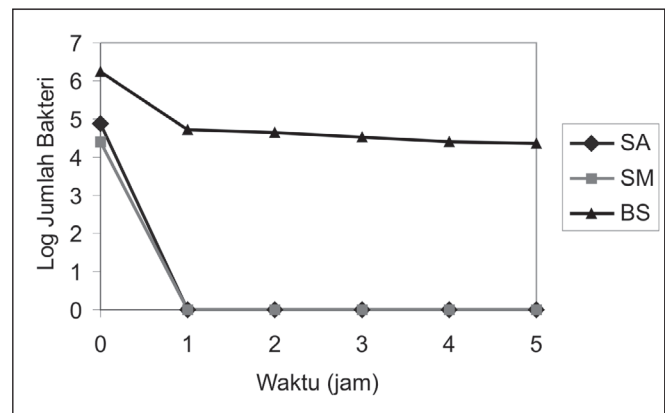
Gambar 5. Laju kematian bakteri a) *Streptococcus mutans*, b) *Staphylococcus aureus*, dan c) *Bacillus subtilis* yang ditumbuhkan pada media *Nutrient Broth*, inkubasi 37 °C selama 10 jam setelah diintroduksi dengan katekin pada kadar 4 % katekin.

Sebaliknya, *Bacillus subtilis* dengan penambahan ekstrak 6 maupun 8 % tetap menunjukkan lebih resisten diban-

ding dengan *Streptococcus mutans* dan *Staphylococcus aureus*. Diketahui, pada kondisi tidak kondusif, *Bacillus subtilis* mengalami sporulasi. Adanya bahan terekstrak yang ditambahkan, meningkatkan respon *Bacillus subtilis* untuk segera membantuk spora. Pada saat bakteri dalam bentuk spora, *Bacillus subtilis* lebih resisten terhadap katekin (Gambar 7).



Gambar 6. Laju kematian bakteri a) *Streptococcus mutans*, b) *Staphylococcus aureus*, dan c) *Bacillus subtilis* yang ditumbuhkan pada media *Nutrient Broth*, inkubasi 37 °C selama 10 jam setelah diintroduksi dengan perlakuan katekin pada kadar 6 %.



Gambar 7. Laju kematian bakteri a) *Streptococcus mutans*, b) *Staphylococcus aureus*, dan c) *Bacillus subtilis* yang ditumbuhkan pada media *Nutrient Broth*, inkubasi 37 °C selama 10 jam setelah diintroduksi dengan perlakuan katekin pada kadar 8 %.

**KESIMPULAN**

1. Dengan konsentrasi penambahan 6% ekstrak (+)-katekin memiliki kemampuan sebagai antibakteri untuk bakteri Gram-positif *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, dan *Bacillus subtilis*.
2. Senyawa (+)-katekin dalam ekstrak produk gambir komersial bakteri Gram-positif dengan sifat penghambatan sebagai bakterisida. Penghambatan yang bersifat demikian dibuktikan dengan tidak terjadinya *recovery* dengan penambahan MgSO<sub>4</sub>.

3. Pemberian ekstrak produk gambir komersial sebesar 4 % sudah cukup menyebabkan kematian bakteri *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, dan *Bacillus subtilis* dengan laju kematian secara berurutan 0,82, 0,76, dan 0,45. Angka ini menunjukkan bahwa bakteri paling sensitif terhadap (+)-katekin gambir adalah *Streptococcus mutans*, diikuti oleh *Staphylococcus aureus*, dan *Bacillus subtilis*. Penambahan ekstrak produk gambir 6 % dapat mematikan 100 % *Streptococcus mutans* dan *Staphylococcus aureus* dalam waktu satu jam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous (2005). *Plant profil for Uncaria gambir* (Hunter) Roxb. Natural Resources Conservation Service USDA, 1-2.
- Cowan, M.M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews* **12**: 564-589.
- Kajiya, K., Hojo, H., Suzuki, M., Nanjo, F., Kumazawa, S. dan Nakayama, T. (2004). Relationship between antibacterial activity of (+)-catechin derivatives and their interaction with a model membrane. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **52**: 1514-1519.
- Laus, G. (2004). Advances in chemistry and bioactivity of the genus *Uncaria*. Review. *Phytotherapy Research* **19**: 259-274.
- Madigan, M.T., Martinko, J. M. dan Parker, J. (1997). Biology of microorganisms. 8th ed. Prentice-Hall International, Inc. New Jersey, hal. 405-413.
- Pambayun, R., Hasmeda, M., Saputra, D. dan Suhel (2001). *Peningkatan Produksi Dan Perbaikan Kualitas Gambir Toman, Musi Banyu Asin*. Laporan Kegiatan Program Vucer Multi Years, Kerjasama DITBINLITABMAS DIKTI melalui UNSRI dengan Pemda Musi Banyuasin, Sumatera Selatan. Tidak Dipublikasikan.
- Pambayun, R., Gardjito, M., Sudarmadji, S. dan Kuswanto, K.R. (2007a). Jenis katekin dari ekstrak gambir komersial yang memiliki sifat antibakteri paling kuat. *Jurnal Agribisnis dan Agroindustri Pertanian* **6**: 77-82.
- Pambayun, R., Gardjito, M., Sudarmadji, S. dan Kuswanto, K.R. (2007b). Kandungan ekstrak daun gambirdan aktivitas antibakterinya. *Agritech* **27**: 89-94.
- Pambayun, R., Gardjito, M., Sudarmadji, S. dan Kuswanto, K.R. (2007c). Kandungan fenol dan sifat antibakteri dari berbagai jenis ekstrak produk gambir. *Majalah Farmasi Indonesia* **18**: 141-146.
- Pambayun, R., Pangawikan, A.D., Widowati, T.W., Hamzah, B., Santoso, U., Yudono, B. dan Gardjito, M. (2008). Utility of gambir catechin for tofu preservation. The 14th World Food Congress, International Union Food Science and Technology (IuFOST), Shanghai, China.
- Smith A.H., Imlay, J.A. dan Mackie, R.I. (2003). Increasing the oxidative stress response allows *Escherichia coli* to overcome inhibitory effect of condensed tannins. *Applied and Environmental Microbiology* **69**: 3406-3411.
- Stapleton, P.D., Shah, S., Hara, Y. dan Taylor, P.W. (2006). Potentiation of catechin gallate-mediated sensitization of *Staphylococcus aureus* to oxillin by nongalloylated catechins. *Antimicrobial Agent and Chemotherapy* **50**: 752-755.
- Taniguchi, S., Kuroda, K., Doi, K., Tanabe, M. dan Shibata, T. (2007). Revised structure of gambirin A1, A2, B1, and B2, chalconepflavan dimers from gambir (*Uncaria gambir* Extract). *Chemistry and Pharmacy Bulletin* **55**: 268-272.
- Taylor, P.W., Hamilton-Miller, J.M.T. dan Stapleton, P.D. (2006). Antimicrobial properties of green tea catechin. *Food Science and Technology Bulletin* **2**: 71-78.
- Yuhono, J.T. (2004). Analisis pendapatan dan usahatani dan pemasaran gambir. *Buletin TRO* **15**: 9-21.
- Zhu, X., Zhang, H., Lo, R. dan Lu, Y. (2005). Antimicrobial activities of *Cynara scolymus* L. leaf, head, and stem extracts. *Journal of Food Science* **70**: 149-152.