

4. PEMBAHASAN

Kadar ergosterol tepung terigu gluten tinggi lebih tinggi dibandingkan dengan tepung terigu gluten rendah (Tabel 4.). Pada tepung terigu gluten tinggi mengandung ergosterol $1,261 \pm 0,748$ ppm, sedangkan gluten rendah mengandung ergosterol $0,978 \pm 0,484$ ppm. Besarnya kandungan ergosterol dalam tepung terigu tersebut dipengaruhi oleh kehadiran *fungi*, dan *fungi* dalam pertumbuhan maupun perkembangbiakannya membutuhkan substrat seperti pati, pektin, protein dan lipid (Fardiaz, 1992). Menurut SNI 01-3751-1995 dan standart dari Bogasari menunjukkan bahwa tepung terigu gluten tinggi mengandung protein minimum sebesar 12% dan gluten rendah mengandung protein minimum 8-9%. Perbedaan kadar protein pada kedua jenis tepung terigu tersebut dapat berpengaruh pada pertumbuhan *fungi* dan kadar ergosterolnya. Oleh sebab itu di dalam tepung terigu gluten tinggi sangat memungkinkan tumbuh *fungi* lebih banyak baik jumlah maupun jenisnya dibandingkan tepung terigu gluten rendah. Dengan mengetahui kandungan ergosterol dalam tepung terigu maka dapat mengindikasikan adanya kontaminasi berbagai jenis *fungi* di dalam kedua jenis tepung terigu seperti yang terlihat pada Tabel 6. dan Tabel 7.

Kadar ergosterol yang mengindikasikan adanya kontaminasi *fungi* dalam tepung terigu dapat dilihat pada Tabel 3. Perlu diketahui pula bahwa tepung terigu sudah mengandung ergosterol sebesar $0,477 \pm 0,341$ ppm sejak awal penyimpanannya (14 hari) dan kadar ergosterol tersebut akan semakin meningkat selama penyimpanan. Kadar ergosterol sejak awal penyimpanan (14 hari) juga dapat dilihat pada Tabel 1. dan Tabel 2., yang menunjukkan bahwa kadar ergosterol tepung terigu gluten rendah $0,211 \pm 0,244$ ppm dan gluten tinggi $0,733 \pm 0,136$ ppm. Hal tersebut kemungkinan disebabkan karena tepung terigu sudah mengandung *fungi* sejak masih berupa bulir gandum. Akibat dari itu, tepung terigu sudah terkontaminasi sejak berada dalam proses penggilingan. Graves & Hesseltine (1966) dan Hesseltine *et al.* (1969) dalam Makfoeld (1993) mengatakan bahwa pada tepung baru sudah terdapat jenis *fungi* dan *fungi* tersebut berasal dari spora *fungi* yang tertinggal di dalam tepung terigu selama beberapa tahun terutama selama proses penyimpanan tepung.

Hal tersebut karena miselium *fungi* menempel pada lapisan pericarp gandum dan *conidia*-nya melekat erat di permukaan biji sehingga akan terikut dalam proses penggilingan gandum (Christen & Cohen, 1950 dalam Weidenbörner *et al.*, 2000).

Berdasarkan lamanya waktu penyimpanan, kadar ergosterol tepung terigu semakin lama akan mengalami peningkatan (Tabel 1.). Peningkatan kadar ergosterol menunjukkan bahwa *fungi* yang tumbuh juga akan semakin meningkat selama penyimpanan. Peningkatan kadar ergosterol pada masing-masing tepung terigu dapat terlihat jelas pada Gambar 3. dan Gambar 4. Pada Gambar 3. menunjukkan peningkatan kadar ergosterol tepung terigu gluten rendah nampak signifikan pada umur simpan 84 hari hingga 126 hari, namun setelah 126 hari mengalami penurunan namun tidak terlalu tajam (140 hari). Kadar ergosterol tertinggi pada tepung terigu gluten rendah didapat pada penyimpanan 126 hari ($1,737 \pm 0,060$ ppm). Sedangkan pada Gambar 4. menunjukkan bahwa kadar ergosterol tepung terigu gluten tinggi pada umur simpan 14 hari hingga 112 hari tidak mengalami perubahan yang berarti, dan kadar ergosterol akan meningkat tajam setelah umur simpan lebih dari 126 hari. Kadar ergosterol tertinggi pada tepung terigu gluten tinggi didapat pada penyimpanan 140 hari ($2,818 \pm 0,493$ ppm).

Peningkatan kadar ergosterol selama penyimpanan yang diakibatkan oleh pertumbuhan *fungi* kemungkinan dapat disebabkan oleh kadar air yang ada di dalam tepung terigu maupun kondisi ruang penyimpanan karena kedua hal tersebut dapat meningkatkan aktivitas pertumbuhan *fungi*. Menurut standart dari Bogasari, kadar air kedua jenis tepung terigu sebesar 14,5%. Padahal dengan kadar air sebesar 14,5% tersebut masih memungkinkan untuk pertumbuhan *fungi* (Syarief *et al.*, 1993). Menurut Jay (1996) dalam Weidenbörner *et al* (2000) dikatakan bahwa kadar air tepung terigu sebesar 13-15% merupakan awal pertumbuhan *fungi*. Sedangkan Hesseltine (1963) dalam Makfoeld (1993) mengatakan bila produk tepung cukup kering sebenarnya tidak ada pertumbuhan *fungi* atau dapat dikatakan kecil sekali. Kadar air yang aman untuk penyimpanan tepung terigu adalah sebesar 12%, karena dengan penurunan kadar air menjadi 12% akan dapat memperlambat

atau membatasi pertumbuhan *fungi*. Pada penelitian ini dilakukan pula pengukuran temperatur (26-27°C) dan kelembaban relatif (RH 79-80%) ruang penyimpanan tepung terigu. Temperatur ruangan sebesar 26-27°C menunjukkan bahwa *fungi* yang tumbuh dalam tepung terigu bersifat mesofilik, yang artinya *fungi* tumbuh baik pada suhu kamar (Fardiaz, 1992; Syarief & Halid, 1993). Berdasarkan suhu penyimpanan tersebut pula maka kapang yang tumbuh pada tepung terigu merupakan kapang pascapanen atau kapang penyimpanan yang dapat bersifat higrofilik, mesofilik dan serofilik. Kapang jenis ini berkembang dan melakukan aktivitas metabolisme selama penyimpanan. Jenis kapang yang sering tumbuh diantaranya adalah *Aspergillus*, *Penicillium* dan *Fusarium* (Syarief & Halid, 1993). Menurut Salunkhe *et al* (1985) dikatakan bahwa *fungi* penyimpanan juga tumbuh pada kadar air yang setimbang dengan RH yaitu sebesar 65-70 % sampai 85-90%, hal itu berarti menunjukkan bahwa pada RH 79-80% *fungi* dapat tumbuh baik. Christensen & Cohen (1950) juga mengatakan bahwa mikrobiota tepung didominasi oleh *fungi* yang tumbuh dan bersporulasi pada kelembaban relatif antara 75-85%. Penurunan kadar ergosterol tepung terigu gluten rendah seperti tampak pada Gambar 3. menunjukkan bahwa kadar ergosterol semakin berkurang, yang berarti *fungi* yang tumbuh juga mengalami penurunan. Sedangkan pada Gambar 4. kadar ergosterol tepung terigu gluten tinggi belum menunjukkan adanya penurunan kadar ergosterol. Penurunan kadar ergosterol yang berbeda-beda tersebut disebabkan oleh kecepatan kematian mikroorganisme yang beragam, tergantung pada spesies jasad renik dan kondisi lingkungan (Syarief & Halid, 1993).

Fungi pada ke dua jenis tepung terigu hampir memiliki persamaan, yaitu terdapat kapang dan *yeast*. Kapang dan *yeast* memiliki senyawa yang merupakan penyusun membran *fungi*, dan disebut dengan ergosterol. Pada tepung terigu gluten rendah tidak terdapat jenis kapang *Aspergillus cammemberti*. Sedangkan pada tepung terigu gluten tinggi tidak terdapat *Mucor racemosus* dan *Rhizopus oligosporus*. Meskipun demikian di dalam kedua jenis tepung terigu tersebut terdapat jenis kapang dan *yeast* yang sama yaitu *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp, *Hansenula* sp dan *Saccharomyces* sp. Keragaman jenis *fungi* yang muncul pada tepung terigu tersebut akan semakin meningkat dengan semakin lamanya waktu

penyimpanan (Tabel 6. dan Tabel 7.). Selama penyimpanan, keragaman *fungi* yang muncul setiap waktunya ada kemungkinan sama maupun berbeda tergantung kondisi ke dua jenis tepung terigu. Hal tersebut sesuai dengan Makfoeld (1993) yang mengatakan bahwa dalam tiap komoditas bahan pangan tidaklah hanya satu macam jenis *fungi* saja yang terdapat di dalamnya, akan tetapi sekumpulan *fungi* yang merupakan mikoflora pada bahan tersebut. Mikoflora bahan yang satu berbeda dengan bahan yang lain, demikian pula pada bahan yang sama kemungkinan mempunyai mikoflora yang tidak sama dengan yang lain, mengingat kondisi bahan yang berbeda. Kondisi bahan yang berbeda tersebut meliputi kandungan substrat, tingkat kelembaban, temperatur, dan lamanya waktu penyimpanan (Robinson & Howell, 1985).

Pada penelitian ini, terdapat *fungi* yang muncul pada saat proses penyimpanan dan ada yang sudah muncul dalam bahan pangan ketika masih berupa bulir gandum yang kemudian akan terikut dalam proses penggilingan. Jenis *fungi* yang terdapat pada ke dua jenis tepung terigu adalah *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus penicilloides*, *Mucor racemosus*, *Penicillium cammemberti*, *Penicillium citrinum*, *Penicillium frequentans*, *Penicillium roqueforti*, *Penicillium verrucosum*, *Rhizopus oligosporus*, *Hansenula* sp dan *Saccharomyces* sp. Berdasarkan jenis *fungi* yang ada tersebut maka dapat diketahui bahwa di dalam tepung terigu, kapang yang mendominasi berasal dari jenis *Aspergillus* dan *Penicillium*. Ke dua jenis kapang tersebut termasuk dalam kapang penyimpanan. Hal tersebut sesuai dengan Syarief & Halid (1993) dan Makfoeld (1993) yang mengatakan bahwa jenis kapang yang sering tumbuh selama proses penyimpanan pada tepung gandum adalah *Aspergillus* sp dan *Penicillium* sp.

Kehadiran *fungi* di dalam tepung terigu juga bisa disebabkan oleh adanya spora *fungi* yang tertinggal dalam tepung terigu. Hal tersebut sesuai dengan yang dikemukakan Christen & Cohen (1950) dalam Weidenbörner *et al.* (2000) yang mengatakan bahwa spora *fungi* dapat tertinggal dalam tepung terigu selama beberapa tahun terutama selama proses penyimpanan tepung karena miselium *fungi* akan menempel pada lapisan pericarp gandum dan *conidia*-

nya akan melekat erat di permukaan biji sehingga akan terikut dalam proses penggilingan gandum. Akibatnya pada awal penyimpanannya (14 hari), tepung terigu sudah mengandung *fungi* meskipun jumlah maupun jenisnya belum banyak. Hal tersebut disebabkan karena spora *fungi* yang terikut dalam proses penggilingan tumbuh sesuai dengan kondisi penyimpanannya. Berdasarkan Tabel 6. dan 7. ditunjukkan pula bahwa di dalam tepung terigu terdapat jenis *fungi* yang muncul pada awal penyimpanan kemudian tidak kembali muncul pada periode penyimpanan selanjutnya, atau baru kembali muncul setelah melewati beberapa periode penyimpanan. Hal tersebut disebabkan penyebaran spora *fungi* yang tidak merata. Perlu diketahui bahwa *fungi* yang muncul berasal dari spora *fungi* dalam tepung terigu, dan penyebaran spora *fungi* dalam tepung terigu tidak merata sehingga tidak diketahui keberadaannya. Selain itu sampel yang diambil belum memenuhi standart normalitas variansi sehingga perlu perbaikan dalam metode pengambilan sampel dengan meningkatkan jumlah perulangan sampel yang akan dianalisa. Pada tepung baru terdapat jenis mikroorganisme yang mendominasi tepung terigu. Jenis mikroorganisme tersebut yaitu *Aspergillus fumigatus*, *A. candidus*, *A. flavus*, *A. glaucus*, *Penicillium cyclopium*, *P. citrinum* dan *P. roqueforti* (Graves & Hesseltine, 1966; Hesseltine *et al.*, 1969 dalam Makfoeld, 1993. Mikroorganisme yang terdapat pada tepung terigu baru tersebut merupakan pemicu awal tumbuhnya mikroorganisme dengan jumlah yang banyak dan beragam jenisnya dalam tepung terigu selama penyimpanan. *Fungi* yang terdapat dalam tepung terigu tersebut kemungkinan merupakan jenis *fungi* yang dapat menghasilkan mikotoksin yang berbahaya seperti aflatoksin, okratoksin, sterigmatosistin, citrinin, patulin, *penicillic acid*, zearalenon, toksin T-2, diacetoxyscirpenol, vomitoksin (deixynivalenol) dan ergot alkaloid (Crueger & Crueger, 1990; Weidenbörner *et al.*, 2000).