

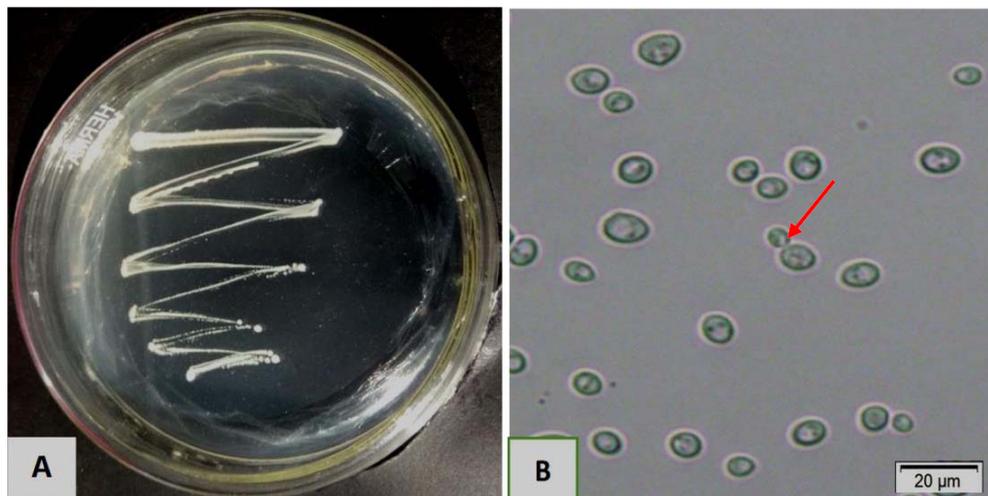
## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Perbanyakan *Saccharomyces cerevisiae*

#### 4.1.1 Isolasi dan identifikasi *S. cerevisiae*

Khamir *S. cerevisiae* didapatkan dari ragi tape yang diisolasi. Hasil dari pengamatan makroskopis menunjukkan ciri; tekstur halus/lunak, dengan warna putih agak kekuningan, permukaan lembut, Koloni memiliki elevasi agak cembung, serta memiliki tepian yang bergerigi (Gambar 13). Menurut Ahmad (2005) Penampakan makroskopis *S. cerevisiae* mempunyai koloni berbentuk bulat, warna kuning muda, permukaan berkilau, licin, tekstur lunak, dan memiliki sel bulat dengan askospora 1-8 buah. Koloni tidak menunjukkan adanya miselium yang biasanya berupa serabut menyerupai kapas. Khamir membutuhkan waktu 2 hari untuk membentuk garis padat.

Hasil pengamatan mikroskopis menunjukkan ciri; berbentuk silindris, warna hialin, serta dari kumpulan sel menunjukkan terdapat sel tunggal dan berpasangan (Gambar 13). Reproduksi aseksual dilakukan dengan pertunasan multipolar. Hasil pengukuran menunjukkan panjang dan lebar sel khamir masing-masing berukuran 3,71  $\mu\text{m}$  dan 3,45  $\mu\text{m}$ . Menurut Mahreni & Suhenry (2011) Sel *S. cerevisiae* berbentuk bulat sampai oval dengan ukuran panjang 5-30  $\mu\text{m}$  dan lebar 1-5  $\mu\text{m}$ . Kulit sel sangat tipis ketika masih muda tetapi semakin tebal ketika dewasa. Berkembang biak dengan berkecambah (*budding*).



Gambar 13. Pengamatan jamur *Saccharomyces cerevisiae*

Keterangan: A. Makroskopis pada media YPD; B. Mikroskopis pada perbesaran 40 x 10  $\mu\text{m}$ ; panah: Pertunasan

#### 4.1.2 Pengaruh Jenis Media terhadap Populasi Khamir

Jumlah populasi khamir *S. cerevisiae* sangat tergantung pada nutrisi media pertumbuhannya. Sel khamir *S. cerevisiae* yang diperbanyak pada media menunjukkan sel yang sama pada setiap perlakuan. Pada (Tabel 2) menunjukkan bahwa khamir *S. cerevisiae* dapat tumbuh pada 6 media perbanyakannya. Namun rerata jumlah populasi tertinggi pada pengamatan beberapa media perbanyakannya ditunjukkan pada perlakuan media air kelapa. Sedangkan perlakuan yang menunjukkan jumlah populasi terendah pada waktu pengamatan 24 jam sampai 96 jam adalah perlakuan air limbah tahu. Anova populasi *S. cerevisiae* pada beberapa jenis media ditunjukkan pada (Tabel 2).

Tabel 2. Anova populasi *S. cerevisiae* pada beberapa jenis media

Perlakuan	Jumlah populasi			
	24 Jam	48 Jam	72 Jam	96 Jam
YPD Cair (kontrol)	1,212 bc	1,308 bc	1,188 b	1,133 ab
Ekstrak Cabai	1,125 bc	1,211 b	1,322 bc	1,267 b
Ekstrak Taoge	1,087 b	1,178 b	1,389 c	1,254 b
Air Leri	1,262 c	1,463 cd	1,300 bc	1,418 bc
Air Limbah Tahu	0,387 a	0,632 a	0,906 a	0,950 a
Air Kelapa	1,223 bc	1,554 d	1,649 d	1,596 c

Keterangan: Angka yang disertai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak terdapat beda nyata pada uji DMRT taraf kesalahan 5%

Berdasarkan hasil analisis menggunakan uji BNT pada taraf kesalahan 0,05 (Tabel 2) menunjukkan pengaruh beda nyata antar perlakuan media perbanyakannya khamir *S. cerevisiae*. Perhitungan analisis ragam perbanyakannya ditampilkan pada (Lampiran Tabel 2-6) Pada hari terakhir pengamatan diketahui bahwa air limbah tahu memiliki nilai jumlah populasi terendah yaitu dengan nilai absorbansi 0,950. Sedangkan pada perlakuan YPD cair (kontrol) menunjukkan pengaruh beda nyata dengan media air limbah tahu yang mana nilai absorbansinya yaitu 1,133. Pada perlakuan ekstrak cabai dan ekstrak taoge menunjukkan pengaruh beda nyata dengan media YPD cair (kontrol) dan air limbah tahu yaitu nilai masing-masing absorbansinya adalah 1,267 dan 1,254. Pada perlakuan air leri menunjukkan pengaruh beda nyata dengan perlakuan ekstrak cabai dan ekstrak taoge serta sangat beda nyata dengan perlakuan YPD cair dan air limbah tahu dimana nilai absorbansinya yaitu 1,418. Pada perlakuan

air kelapa menunjukkan pengaruh sangat beda nyata dengan perlakuan lainnya, media kelapa memiliki nilai absorbansi tertinggi yaitu 1,596.

Hal ini sesuai dengan Sahayaraj & Namasivayam (2008) yang menyatakan bahwa pertumbuhan dan produksi sel pada media air kelapa lebih tinggi dari pada media dari produk pertanian lain. *S. cerevisiae* hanya dapat menggunakan karbohidrat sederhana seperti yang terdapat pada air kelapa. Menurut Nuraida *et al.*, (1996) air kelapa mengandung karbohidrat sederhana seperti glukosa, sukrosa, fruktosa, inositol, dan sorbitol yang dapat digunakan oleh *S. cerevisiae* sebagai sumber karbon.

Selama pembiakan 96 jam, *S. cerevisiae* mengalami pertumbuhan yang cepat karena nutrisi yang terkandung dalam medium tersedia dalam jumlah yang berlebih untuk dimanfaatkan *S. cerevisiae* bagi pertumbuhannya. *S. cerevisiae* memanfaatkan protein, karbon, dan mineral dalam medium sebagai substrat metabolisme untuk sintesis komponen sel. Protein, karbon, dan mineral tersebut dapat diperoleh dari ekstrak khamir, pepton, dekstrosa, limbah cair tahu, air leri, ekstrak cabai, ekstrak taoge, dan air kelapa.

Waktu pembiakan 96 jam pada semua medium memberikan jumlah sel yang terbanyak, karena pada masa tersebut laju pertumbuhan memasuki akhir fase logaritmik. Menurut Fardiaz (1992) fase logaritmik merupakan fase pada saat mikroorganisme membelah dengan cepat. Pada fase ini kecepatan pertumbuhan sangat dipengaruhi oleh medium tempat tumbuhnya seperti pH, suhu, kandungan nutrisi, juga kondisi lingkungan termasuk suhu dan kelembaban udara. Selain itu, pada fase ini mikroorganisme membutuhkan energi lebih banyak daripada fase lainnya. Populasi *S. cerevisiae*, suhu, pH, dan N-Total sebelum dan setelah perbanyakan disajikan pada (Tabel 3).

Tabel 3. Populasi *S. cerevisiae*, suhu, pH dan N-total media

Perlakuan	Pengamatan						N-Total
	Populasi		Suhu (°C)		pH		
	Sblm	Stlh	Sblm	Stlh	Sblm	Stlh	
YPD cair (kontrol)	0,500	1,133	27,4	27,1	6,63	6,69	0,06
Ekstrak Cabai	0,500	1,267	27,3	27,1	6,65	6,69	0,08
Ekstrak Taoge	0,500	1,254	27,5	27	6,60	6,69	0,74
Air Leri	0,500	1,418	27,1	27,1	6,65	6,69	0,23
Air Limbah Tahu	0,500	0,95	27,6	27,2	6,60	6,7	0,57
Air Kelapa	0,500	1,596	27,6	27,2	6,60	6,7	0,05

Dari data (Tabel 3) terlihat bahwa kebanyakan khamir tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap suhu dan pH medium. Kisaran suhu optimum untuk pertumbuhan dan perkembangan khamir pada umumnya yaitu 28-30 °C (Nurhidayat *et al.*, 2006). Hasil penelitian telah dilakukan oleh Sukoso & Wiyanto (2003), menunjukkan bahwa *S. cerevisiae* mampu tumbuh dengan baik pada media cair maupun padat pada suhu kamar (25-28 °C). Sehingga dengan demikian pertumbuhan *S. cerevisiae* tetap dapat tumbuh dengan baik.

. Menurut said (1987) perubahan pH disebabkan oleh adanya asam-asam organik seperti asam laktat, asetat, dan piruvat yang terbentuk selama proses pertumbuhan. Nilai pH medium tersebut masih berada dalam batas normal untuk pertumbuhan *S. cerevisiae* yaitu 2,5-8,5, sehingga perubahan pH pada semua medium tidak menghambat pertumbuhan *S. cerevisiae*. Pada medium pertumbuhan, pH mempunyai peran yang sangat penting. Dari (Tabel 3) tersebut dapat dilihat pH pada medium mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan sumber karbon dalam medium mulai tidak mencukupi sehingga terjadi pembongkaran protein dalam medium untuk aktivitas metabolismenya. Proses metabolisme tersebut akan menghasilkan metabolit-metabolit hasil degradasi protein seperti urea dan ion-ion amonium yang dapat menyebabkan kenaikan pH (Kuswardani & Wijajaseputra, 1998).

Sedangkan hasil analisa N-total menunjukkan bahwa media ekstrak taoge memiliki persentase tertinggi yaitu 0,74 %, sedangkan persentase N-total terendah terjadi pada media air kelapa yaitu 0,05 %. Hasil ini tentu tidak sesuai dengan hasil jumlah populasi dimana air kelapa memiliki hasil kerapatan tertinggi. Hal ini dimungkinkan karena air kelapa memiliki nutrisi lainnya yang lebih dibutuhkan *S. cerevisiae*. Selain itu juga *S. cerevisiae* lebih mudah memanfaatkan nutrisi dalam bentuk yang sederhana.

Menurut Nuraida *et al.*, (1996) air kelapa mengandung karbohidrat sederhana seperti glukosa, sukrosa, fruktosa, inositol, dan sorbitol yang dapat digunakan oleh *S. cerevisiae* sebagai sumber karbon. Berdasarkan hasil analisa proksimat air kelapa mengandung 3,72 % karbohidrat, 0,16 % protein, dan 94,67 % kadar air (Retnosari, 2016). Hasil analisa proksimat itu menunjukkan bahwa karbohidrat memiliki persentase cukup tinggi. Hal inilah yang mungkin menyebabkan air kelapa menjadi media terbaik untuk pertumbuhan *S. cerevisiae*.

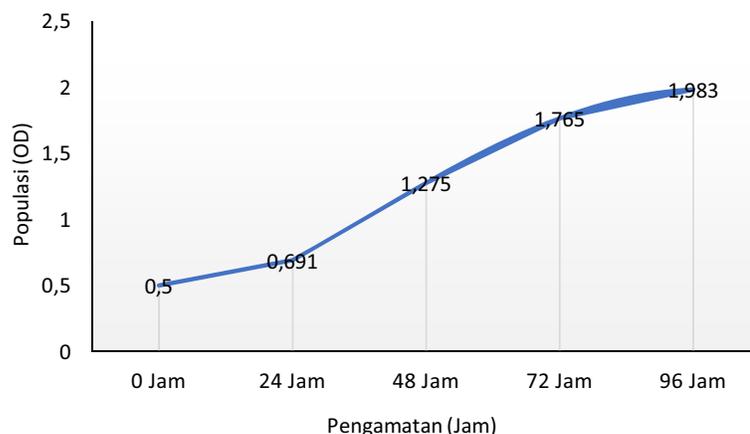
Perbedaan jumlah sel *S. cerevisiae* pada berbagai medium yang digunakan disebabkan oleh persediaan zat-zat nutrien yang terdapat dalam masing-masing

medium tersebut. Menurut Amaria *et al.*, (2001), untuk tumbuh dan berkembangbiak, *S. cerevisiae* memerlukan unsur-unsur seperti C, H, O, N, S, P, K, dan berbagai mineral seperti Fe, Mg, Na, dan Mn. Semakin baik nutrisi di dalam substrat tempat tumbuhnya, maka pertumbuhan sel semakin cepat sehingga akan meningkatkan kadar protein sel (Fardiaz, 1992).

Pertumbuhan dari perbanyakan khamir pada media pertumbuhan tergantung pada isolat khamir dan komponen sumber karbon serta protein sebagai nutrisi yang digunakan dalam media kultur (Geo *et al.*, 2007). Nitrogen merupakan salah satu unsur dalam pembentukan protein menurut Winarno (2004) Protein adalah polimer dari asam amino yang dihubungkan dengan ikatan peptida yang mengandung unsur-unsur C, H, O, dan N. Dengan proporsi karbon 50-55%, hidrogen 7-6%, oksigen 20-23%, dan nitrogen 12-19%.

#### 4.1.2 Perkembangan Populasi Khamir dalam Media Air Kelapa

Perbanyakan dengan metode aerator difungsikan sebagai uji lapang dari perbanyakan dengan metode shaker. Media yang digunakan adalah air kelapa dikarenakan perkembangbiakan selnya tertinggi dibandingkan media lainnya. Metode aerator merupakan sistem pertumbuhan mikroba yang mendapatkan energi melalui respirasi aerob. *S. cerevisiae* termasuk jenis mikroba fakultatif anaerob. Jika ada udara, maka energi atau tenaga diperoleh melalui respirasi aerob, hal tersebut tidak digunakan dalam pembentukan alkohol melainkan untuk pertumbuhan dan perkembangan sel. Sedangkan tenaga yang diperoleh melalui respirasi anaerob sebagian digunakan untuk pembentukan alkohol (Judoamidjojo, 1990). Hasil pengamatan perbanyakan *S. cerevisiae* pada media air kelapa dengan metode aerator disajikan pada (Gambar 14).

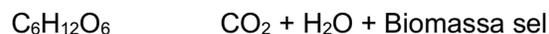


Gambar 14. Populasi perbanyakan khamir pada media air kelapa

Dari hasil pada (Tabel Lampiran 15) tersebut menunjukkan pada pengamatan suhu dan pH tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari hasil pengamatan jam ke-0 sampai jam ke-96. Pada pengamatan suhu setelah hari pertama pengamatan suhu terus menurun hingga hari keempat, namun penurunannya tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan khamir karena nilainya masih pada kondisi optimum untuk pertumbuhan *S. cerevisiae*. sedangkan pada pengamatan nilai pH nilainya cenderung meningkat hingga hari keempat. Nilai pH dari jam ke-0 sampai jam ke-96 terlihat telah melewati dari kondisi optimum untuk pertumbuhan *S. cerevisiae*.

Menurut Nurhidayat *et al.*, (2006) khamir memerlukan media dengan suasana asam, yaitu antara pH 4,8 – 5,0. Namun nilai pH medium tersebut masih berada dalam batas normal untuk pertumbuhan *S. cerevisiae* yaitu 2,5-8,5, sehingga perubahan pH pada semua medium tidak menghambat pertumbuhan *S. cerevisiae*. Pengamatan jumlah populasi khamir dilakukan dengan metode spektrofotometri. Dari hasil tersebut terlihat nilai jumlah populasi terus meningkat hingga pengamatan terakhir pada hari keempat. Perbanyakkan khamir *S. cerevisiae* dengan metode aerator menunjukkan jumlah populasi sel yang lebih banyak dibandingkan dengan perbanyakkan pada metode shaker. Hal ini membuktikan bahwa khamir *S. cerevisiae* dapat tumbuh lebih baik pada kondisi aerob.

Menurut Johnson (2008), aerasi dengan cara air bubble cukup efektif untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam medium perbanyakkan. *Saccharomyces* sp. bersifat fakultatif aerobik, dimana pada kondisi aerobik, oksigen berperan sebagai akseptor elektron terakhir pada jalur reaksi bioenergetiknya. Menurut Meyer (1978), pada kondisi aerobik pemanfaatan gula menghasilkan penambahan biomassa sel dengan reaksi:



Dengan pemberian aerasi diharapkan terjadi perbanyakkan sel *S. cerevisiae* var. *Ellipsoideus* secara maksimal. Pada kondisi aerob gula akan dikonversi menjadi energi melalui siklus Krebs, energi ini diperlukan sel untuk memperbanyak diri. Oleh sebab itu pada kondisi aerob khamir *S. cerevisiae* dapat tumbuh lebih baik.

#### **4.2 Uji Antagonis *S. cerevisiae* terhadap *Colletotrichum* sp.**

##### **4.2.1 Isolasi dan identifikasi patogen *Colletotrichum* sp.**

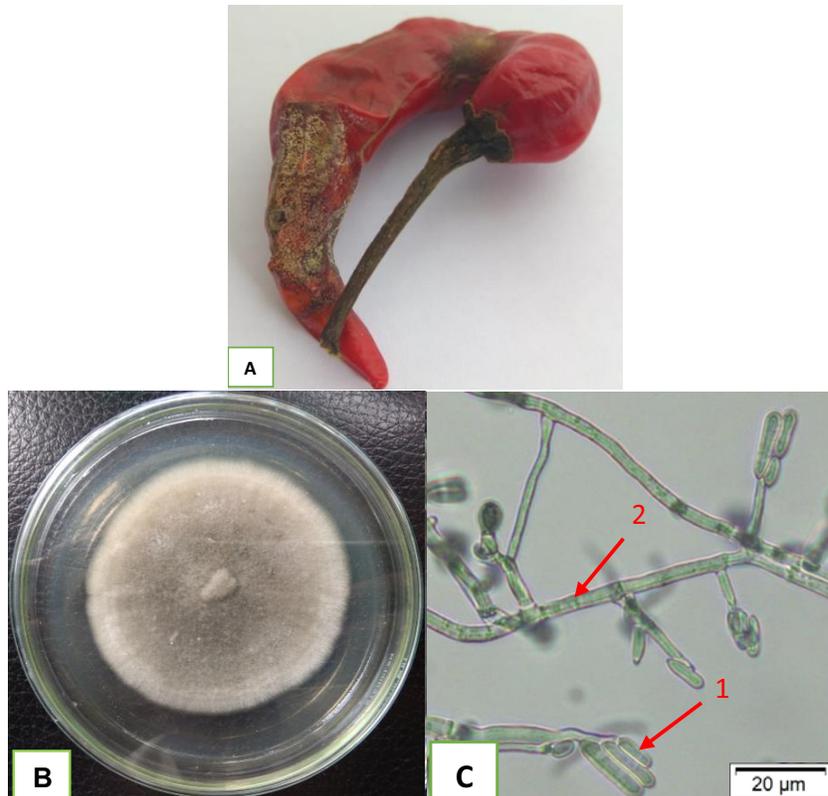
Isolasi jamur patogen *Colletotrichum* sp. didapat dari buah cabai yang menunjukkan gejala penyakit antraknosa kemudian dibiakkan pada media PDA.

Hasil pengamatan isolasi patogen didapatkan biakan murni *Colletotrichum* sp.. berdasarkan pengamatan secara makroskopis dan mikroskopis jamur patogen *Colletotrichum* sp. dari buah cabai, menunjukkan ciri-ciri sebagai berikut:

Gejala serangan pada buah terlihat mengerut membentuk cekungan yang simetris dengan bintik-bintik pada bagian yang terserang. Penyakit antaknosa dapat menyerang bagian batang, daun, dan buah pada cabai. Pada bagian yang terserang terlihat berwarna kuning gelap dan akan berwarna kehitaman dibagian tengahnya. Menurut Rusli & Zulpandi (1997) gejala diawali dengan adanya bintik-bintik kecil berwarna kehitam- hitaman dan sedikit melekek pada permukaan buah. Gejala lebih lanjut buah mengkerut, kering, membusuk dan jatuh.

Secara makroskopis jamur ini menampilkan koloni awalnya berwarna putih kemudian menjadi putih keabu-abuan dengan tekstur agak kasar, memiliki lingkaran konsentris dan pola sebaran koloni yang beraturan. Jamur ini mencapai diameter 7,5 cm dalam waktu 7 hari. Berdasarkan morfologi tersebut, dapat diketahui bahwa jamur yang diisolasi telah sesuai dengan yang dideskripsikan oleh Kurniasih *et al.*, (2014) bahwa koloni dari biakan murni jamur *Colletotrichum* sp. pada awal pertumbuhan berwarna putih kemudian koloni semakin lama mengalami perubahan menjadi abu-abu kehitaman dan terus meluas seiring bertambahnya umur koloni. Koloni jamur ini mempunyai tekstur tebal dan permukaan kasar atau tidak rata dan rapat. Koloni jamur *Colletotrichum* sp. memenuhi cawan petri yang berdiameter 9 cm dalam waktu 8 hari.

Secara mikroskopis jamur ini memiliki miselium tidak bersekat, konidiofor tidak bercabang, konidia berbentuk hialin dan jorong memanjang serta memiliki panjang dan lebar konidia masing- masing 11,4  $\mu\text{m}$  dan 3,68  $\mu\text{m}$ . Hal ini sesuai dengan pendapat Singh (1998) yang menyatakan bahwa secara mikroskopis jamur *Colletotrichum* sp. memiliki sel uniseluler berbentuk hialin yang berada pada ujung konidiofor yang tidak bercabang, memiliki setae, apressoria, miselium tidak bersekat, serta intra interseluler hifa. Menurut Sastrahidayat (2011) konidium *Colletotrichum* sp. berwarna putih, kuning, jingga, hitam, atau warna lain sesuai dengan pigmen yang dikandung oleh konidium.



Gambar 15. Pengamatan jamur *Colletotrichum* sp.

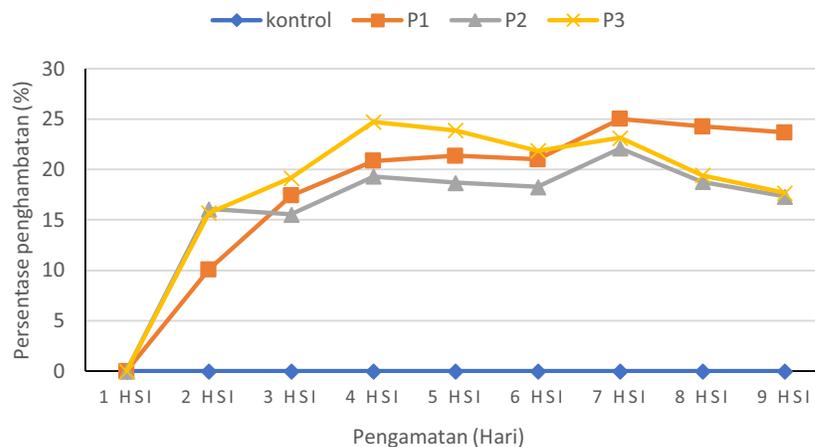
Keterangan: A. Gejala antraknosa cabai; B. Makroskopis pada media PDA; C. Mikroskopis hifa dan konidia perbesaran 40 x 10 µm; 1. Konidia; 2. Hifa

#### 4.2.2 Antagonisme *S. cerevisiae* terhadap patogen *Colletotrichum* sp.

Pengujian antagonis dilakukan terhadap khamir *S. cerevisiae* dengan patogen *Colletotrichum* sp. pada media PDA. Pengamatan daya hambat khamir terhadap patogen dilakukan sejak 1 hari setelah inokulasi (HSI) sampai 9 HSI. Hasil pengujian menunjukkan persentase hambatan yang beragam dari setiap perlakuan. Grafik rerata persentase penghambatan *S. cerevisiae* terhadap *Colletotrichum* sp. ditunjukkan pada (Gambar 16).

Pada (Gambar 16) menunjukkan bahwa 3 perlakuan isolat khamir *S. cerevisiae* yang diujikan mampu memberikan penghambatan terhadap pertumbuhan patogen *Colletotrichum* sp. yang diisolasi dari buah cabai. Perhitungan analisis ragam antagonisme *S. cerevisiae* terhadap *Colletotrichum* sp. ditampilkan pada (Lampiran Tabel 7-14) Persentase hambatan yang paling tinggi pada beberapa hari pengamatan ditunjukkan pada perlakuan P1 dimana khamir dan patogen diinokulasi pada waktu yang sama yaitu 0 HSI. Sedangkan perlakuan khamir *S.cerevisiae* yang menunjukkan persentase paling rendah adalah

perlakuan P2 dimana khamir dan patogen diinokulasikan pada waktu yang berbeda yaitu *Colletotrichum* sp. 0 HSI dan *S. cerevisiae* 3 HSI.



Gambar 16. Persentase penghambatan khamir *S. cerevisiae* terhadap patogen *Colletotrichum* sp. selama 9 hari pengamatan

Kontrol menunjukkan persentase hambatan paling rendah dimana tidak ada hambatan sama sekali selama pengamatan. Persentase hambatan *S. cerevisiae* terhadap pertumbuhan *Colletotrichum* sp. paling tinggi dihasilkan pada hari ke-7 setelah inokulasi. Sedangkan hambatan paling rendah terjadi pada hari ke-3 setelah inokulasi.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan uji BNT pada taraf kesalahan 0,05 (Tabel 4) menunjukkan pengaruh beda nyata antara perlakuan dengan kontrol dalam menghambat pertumbuhan patogen *Colletotrichum* sp.. Perhitungan daya hambatan *S. cerevisiae* terhadap *Colletotrichum* sp. ditampilkan pada (Lampiran Tabel 16) Pada perlakuan P1 (0 HSI), P2 (3 HSI), dan P3 (6 HSI) dari hari ke-1 sampai hari ke-8 pengamatan tidak menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata. Namun pada pengamatan hari ke-9 terdapat pengaruh yang berbeda nyata antar perlakuan, dimana perlakuan P2 dan P3 berbeda nyata dengan dengan perlakuan kontrol, yang masing-masing persentase hambatannya yaitu 17,33% dan 17,67%.

Sedangkan perlakuan P1 menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata dengan perlakuan P2 dan P3 dengan persentase hambatan yaitu sebesar 23,67%. Berdasarkan hasil antagonis tersebut P1 memiliki nilai hambatan tertinggi, dimana P1 merupakan perlakuan khamir dan patogen diinokulasikan pada waktu yang sama atau pada hari ke-0 pengamatan. Menurut Fleming (1975) menyebutkan bahwa terbentuknya hambatan sebesar 0,5 mm atau lebih terhadap patogen,

maka *S. cerevisiae* dinilai positif mempunyai potensi sebagai probiotik. Rerata persentase hambatan *S. cerevisiae* terhadap patogen *Colletotrichum* sp. dari buah cabai disajikan pada (Tabel 4).

Tabel 4. Rerata persentase hambatan khamir *S. cerevisiae* terhadap pertumbuhan patogen *Colletotrichum* sp. pada 9 HSI (Hari Setelah Inokulasi)

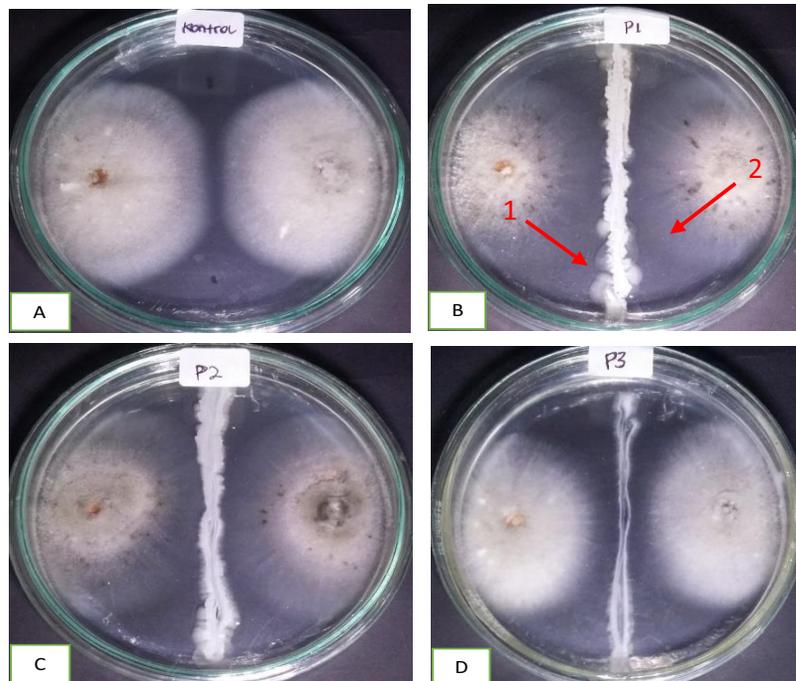
Perlakuan	Rerata persentase hambatan (%)
Kontrol	0,00a
P1	23,67c
P2	17,33b
P3	17,67b

Keterangan: Angka yang disertai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak terdapat beda nyata pada uji BNT taraf kesalahan 5%; ket: P1= Patogen 0 HSI + Khamir 0 HSI; P2= Patogen 0 HSI + Khamir 3 HSI; P3= Patogen 0 HSI + Khamir 6 HSI.

Dari (Gambar 17) terlihat jelas perbedaan antara kontrol dengan perlakuan, dimana pada perlakuan menunjukkan patogen dapat tumbuh mendekati khamir tetapi hifa yang semakin dekat dengan khamir terlihat semakin transparan. Pada perlakuan P1 juga terlihat khamir mengeluarkan cairan atau zona bening yang diduga digunakan untuk menghambat pertumbuhan patogen. Hal ini membuktikan bahwa terjadi mekanisme antagonis antara khamir dengan patogen. Kemampuan khamir dalam menekan kejadian penyakit diduga karena khamir menghasilkan enzim yang mampu mendegradasi dinding sel patogen. Khamir memiliki mekanisme antagonis berupa kompetisi nutrisi dan ruang, parasitisme dan produksi enzim litik serta induksi ketahanan sehingga mampu mengendalikan beberapa patogen pasca panen (Nunes, 2012). Menurut Hartati *et al.*, (2014) Terbentuknya zona hambatan yang diduga merupakan mekanisme enzimatik yang dihasilkan oleh khamir sebagai akibat dari adanya kompetisi makanan dan tempat hidup antara khamir dengan patogen.

Mekanisme antagonis yang dihasilkan yaitu antibiosis dan kompetisi. Hal ini ditunjukkan dengan adanya zona bening di antara khamir dan jamur patogen. *S. cerevisiae* yang mengeluarkan zat antibiosis juga dapat dibuktikan dengan tidak tumbuhnya jamur patogen pada media yang terdapat zona bening. Antibiosis merupakan salah satu mekanisme antagonis oleh khamir dengan menghasilkan senyawa penghambat pertumbuhan mikroorganisme lain (Madigan *et al.*, 2012). Beberapa contoh senyawa tersebut adalah enzim litik, senyawa volatil, siderofor, serta killer toksin (Haggag & Mohamed, 2007). Sedangkan kompetisi ditunjukkan dengan adanya perbedaan kecepatan tumbuh

antara khamir dengan koloni patogen. Mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi merupakan mekanisme yang umum dilakukan oleh khamir dalam mendominasi habitat karena pertumbuhannya yang lebih cepat. Khamir dapat tumbuh cepat, mendominasi dan mengkolonisasi di habitat baru dengan sumberdaya terbatas (Bellows & Fisher, 1999). Berikut hasil dokumentasi uji antagonis khamir *S. cerevisiae* terhadap patogen *Colletotrichum* sp. yang diisolasi dari buah cabai pada 9 HSI (Gambar 17).



Gambar 17. Antagonisme khamir *S. cerevisiae* terhadap patogen *Colletotrichum* sp. pada 9 HSI

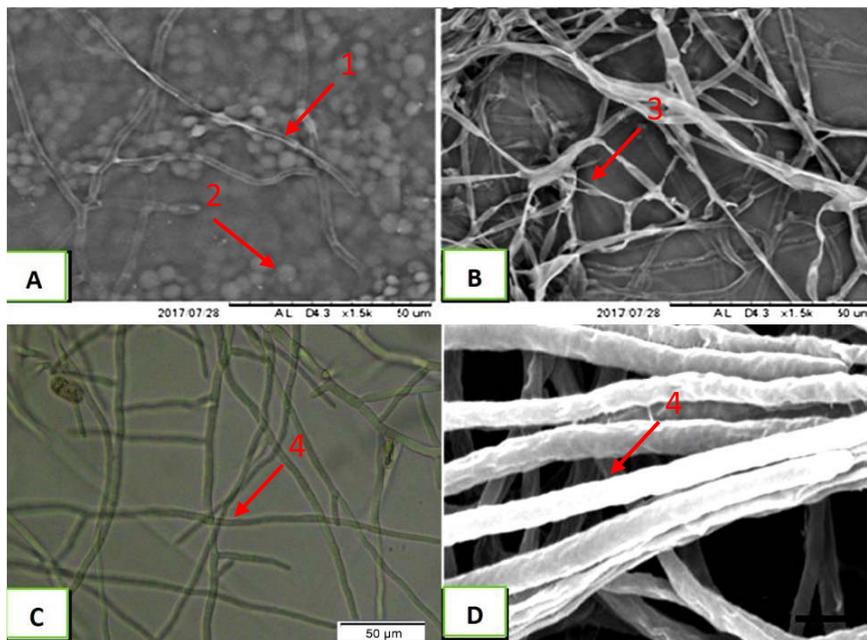
Keterangan: A. Kontrol patogen *Colletotrichum* sp.; B. P1 (0 HSI); C. P2 (3 HSI); D. P3 (6 HSI); 1: zona bening khamir; 2: hifa yang terlihat transparan

#### 4.2.3 Antagonisme *S. cerevisiae* vs *Colletotrichum* sp. dengan **Scanning Microscope Electron (SEM)**

Pada pengamatan secara mikroskopis menggunakan SEM (Gambar 18A) khamir *S. cerevisiae* tidak mengkoloni jamur *Colletotrichum* sp., namun menyebabkan malformasi pada hifa. Malformasi hifa yaitu hifa berbentuk spiral, melengkung-lengkung tidak beraturan dan mengalami pemendekan. Sebagian hifa mengalami kekusutan dan pembengkakan dinding sel. Pada hasil tersebut tidak terlihat senyawa antibiosis yang dikeluarkan oleh *S. cerevisiae* dalam menghambat pertumbuhan *Colletotrichum* sp.. Mekanisme lainnya yang berperan dalam aktivitas biokontrol khamir terhadap jamur diantaranya adalah kompetisi

ruang dan nutrisi, produksi senyawa toksik, volatil, produksi enzim kitinase, antibiosis dan adanya aktivitas kinolitik.

Pada (Gambar 18C,D) yang tidak ada perlakuan khamir terlihat hifa jamur *Colletotrichum* sp. normal. Hal ini terlihat berbeda pada (Gambar 18A,B) perlakuan antagonis dimana hifa jamur terlihat kurus dan melengkung tidak beraturan. Hal ini dimungkinkan karena adanya senyawa toksik yang dikeluarkan *S. cerevisiae* terhadap *Colletotrichum* sp.. Menurut Shalehah (2017) hifa jamur yang terserang oleh khamir dapat mengalami perubahan bentuk seperti penyusutan ukuran hifa sehingga hifa terlihat kurus dan berlekuk-lekuk. Hagagg dan mohamed (2007) juga menyatakan mekanisme antibiosis khamir melibatkan penggunaan senyawa metabolit sekunder seperti enzim pelisis, senyawa *volatile*, *siderophores* atau senyawa toksik lainnya. Berikut hasil antagonis pada Scanning Electron Microscope (SEM) (Gambar 18).



Gambar 18. Pengamatan antagonis jamur pada SEM

Keterangan: A dan B. Antagonis khamir terhadap *Colletotrichum* sp. dengan SEM, C. *Colletotrichum* sp. pada mikroskop cahaya (400x), D. *Colletotrichum* sp. pada SEM (Lamsal *et al.*, 2011). 1: hifa jamur; 2: sel khamir; 3: hifa abnormal; 4: hifa normal