

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Wawancara dan Observasi Lapang

#### 4.1.1 Pos Pelayanan Agens Hayati sebagai Penyedia Agens Hayati

Kegiatan wawancara dan observasi menghasilkan informasi bahwa terdapat empat PPAH dari 70 PPAH yang masih aktif dalam pembuatan produk agens hayati. Keempat PPAH merupakan binaan dari LPHP Madiun yang melakukan kegiatan produksi serta pengembangan agens hayati. PPAH berfungsi menyediakan agens hayati bagi petani pengguna baik dari kelompok tani yang tergabung maupun dari kelompok tani lain. Produksi dari agens hayati tidak lepas dari pengawasan LPHP Madiun. Berikut merupakan hasil observasi dan wawancara mengenai kondisi laboratorium mini, kondisi alat produksi, proses produksi, kontrol kualitas yang dilakukan oleh PPAH:

##### 1. Profil PPAH

###### PPAH Hidup Lestari

PPAH Hidup Lestari berdiri kurang lebih pada tahun 2005 dan terletak di Kecamatan Nguntoronadi Kabupaten Magetan. PPAH Hidup Lestari tidak memiliki anggota kepengurusan dan hanya dilakukan satu orang yaitu Bapak Santoso. Bapak Santoso merupakan anggota kelompok tani Sudimakmur II yang terletak di Desa Purworejo Kecamatan Nguntoronadi. Bapak Santoso mengenal agens hayati mulai tahun 1995 dalam kegiatan pelatihan mengenai *Trichoderma* sp. Dari pengalaman pelatihan yang sering diikuti, bapak Santoso mulai mencoba untuk mengembangkan agens hayati secara mandiri.

Ketika beliau mendirikan PPAH, pemerintah memberikan bantuan berupa kulkas, tangki semprot, peralatan untuk perbanyak agens hayati (aerator, alkohol, selang, kapas, PK). Pengembangan ilmu pengetahuan mengenai agens hayati, Bapak Santoso tidak hanya mendapatkan dari pihak LPHP Madiun saja, tetapi kerap kali beliau mengikuti pelatihan mengenai agens hayati seperti di Ngawi dan BPOPT Jatisari Jawa Barat.

###### PPAH Mekar Sari

PPAH Mekar Sari berdiri pada tahun 2010 terletak di Desa Pintu Kecamatan Dagangan Kabupaten Madiun. PPAH Mekar Sari membawahi empat hingga lima kelompok tani dalam menyediakan agens hayati bagi petani. PPAH Mekar Sari tidak memiliki pengurus yang struktural karena merupakan kepemilikan sendiri (swadaya sendiri), yaitu milik Bapak Ali Zubaidi. PPAH didirikan dengan bantuan dari BPP (Balai Penyuluh Pertanian) Provinsi Jawa Timur yang terletak kurang

lebih 100 meter dari rumah Bapak Baidi. Bantuan yang disalurkan berupa pengetahuan mengenai cara perbanyak agens hayati. Peralatan perbanyak agens hayati didapatkan dengan swadaya sendiri. Pengembangan agens hayati yang dilakukan beliau, dikenalkan kepada kelompok tani desa lain dan bekerja sama untuk membentuk “klinik” PPAH yang dinamakan Mekar Sari.

Klinik PPAH Mekar Sari yang berdiri kurang lebih pada tahun 2014 dengan beranggotakan kelompok tani Margo Raharjo II. Klinik PPAH mendapat bantuan alat perbanyak berupa kulkas, inkas, juga rangkaian alat perbanyak (aerator, selang,  $KMNO_4$ ). Bantuan alat berasal dari BPP Provinsi Jawa Timur yang membantu klinik PPAH Mekar Sari menjalankan tugas sebagai produsen dan penyedia kebutuhan agens hayati di kalangan petani.

### **PPAH Mitra Tani**

PPAH Mitra tani merupakan salah satu PPAH binaan LPHP Madiun yang tergolong baru dalam program pengembangan dan penggunaan agens hayati di kalangan petani. PPAH Mitra Tani berdiri pada tahun 2015 dengan usaha dari bapak Slamet yang memiliki keinginan untuk mempelajari agens hayati. Keinginan Bapak Slamet membuktikan cara kerja yang dimiliki agens hayati dalam mengendalikan hama penyakit didukung oleh kelompok tani dan perangkat desa. Bapak Slamet merupakan ketua PPAH Mitra Tani yang berada di Desa Nglumpang Kecamatan Mlarak Kabupaten Ponorogo dan dibantu oleh sekretaris yaitu bapak Rahman juga bapak Imam Subadri sebagai bendahara. Empat kelompok tani bergabung dalam PPAH Mitra Tani, yaitu Tani Murni, Sri Pangestu, Mekar Tani, dan Mugo Lestari dengan beranggotakan kurang lebih 40 orang, dan bergabung dalam satu Gabungan Kelompok Tani (GAPOKTAN). Aplikasi, perbanyak, serta *monitoring* penggunaan agens hayati dilakukan oleh regu RPH (Regu Pengendali Hayati) beranggotakan 15 orang yang teragenda dengan tiga orang anggota aktif. RPH dibentuk untuk memudahkan aplikasi dan penyediaan agens hayati mengingat PPAH Mitra Tani merupakan PPAH yang terbentuk akibat dukungan GAPOKTAN Mitra Tani dalam pengendalian dengan agens hayati produk ramah lingkungan. GAPOKTAN Mitra Tani memiliki 10 hektar lahan yang dikelola, 2,5 hektar menggunakan aplikasi pestisida sintetik dan 7,5 hektar peruntukkan penggunaan agens hayati. Agens hayati disediakan oleh PPAH Mitra Tani dengan alat perbanyak agens hayati yang disediakan sendiri (swadaya). Laboratorium mini terletak di salah satu rumah anggota regu RPH yang merupakan ketua PPAH yaitu Bapak Slamet.

### PPAH Alam Lestari

PPAH Alam Lestari termasuk dalam wilayah binaan dari LPHP Madiun yang terletak di Kecamatan Purworejo Kabupaten Ponorogo. PPAH Alam Lestari didirikan oleh Bapak Sholeh pada tahun 2013 dengan peralatan perbanyakan tanpa bantuan pemerintah (swadaya). Bapak Sholeh tertarik dengan agens hayati karena beliau sering mengikuti pelatihan dan SLPHT oleh pihak LPHP Madiun. Produk agens hayati yang dihasilkan oleh PPAH Alam Lestari dikemas dan didistribusikan kepada petani dan peminat/pembeli produk agens hayati. Pasar yang dimiliki oleh PPAH Alam Lestari mencapai luar daerah Ponorogo yaitu di daerah Ngawi dan Pacitan. Produksi agens hayati dilakukan di rumah Bapak Sholeh.

Hasil wawancara dari keempat PPAH mendapatkan kesimpulan bahwa terdapat struktur organisasi hanya di satu PPAH, yaitu Mitra Tani. Struktur organisasi telah dibentuk oleh PPAH Mitra Tani, namun anggota yang terdapat di dalamnya tidak aktif melakukan tugas di PPAH. Keempat PPAH perlu meningkatkan keberadaan Sumber Daya Manusia (SDM) pada organisasi PPAH. Hal tersebut memudahkan PPAH dalam menjalankan tugas sebagai penyedia produk agens hayati untuk memenuhi kebutuhan petani pengguna di Madiun. PPAH yang telah memiliki struktur organisasi yang jelas, meningkatkan SDMnya dengan mengikuti pelatihan yang diselenggarakan oleh lembaga pemerintah. Kegiatan pelatihan perlu dimiliki oleh SDM PPAH dengan tujuan terus memiliki pengetahuan mengenai teknologi, cara penggunaan, dan pembuatannya yang berkembang dalam bidang pertanian.

### 2. Penilaian Hasil Observasi di Empat PPAH Madiun

Dari hasil pengenalan profil empat PPAH di Madiun dilanjutkan dengan penilaian berdasarkan indikator yang telah ditentukan. Indikator penilaian meliputi kondisi tempat, alat, proses serta kontrol kualitas produksi agens hayati PPAH (Tabel 2). Penilaian indikator dilakukan berdasarkan hasil observasi.

Tabel 2. Penilaian Produksi Agens Hayati pada PPAH Madiun

Nama PPAH	Indikator Produksi Agens Hayati			
	Kondisi Tempat	Kondisi Alat	Proses Perbanyakan	Kontrol Kualitas
Hidup Lestari	28 (KB)	48 (CB)	30 (KB)	40 (KB)
Mekar Sari	44 (CB)	48 (CB)	20 (KB)	33 (KB)
Mitra Tani	36 (KB)	52 (CB)	40 (KB)	47 (CB)
Alam Lestari	28 (KB)	44 (CB)	43 (CB)	33 (KB)

Keterangan: KB=Kurang Baik, CB=Cukup Baik; 0-20=Tidak Baik, 20-40=Kurang Baik, 40-60=Cukup Baik, 60-80=Baik, 80-100=(Sangat Baik)

Penilaian Indikator berdasarkan kondisi tempat, proses perbanyakan, dan kontrol kualitas terdapat satu PPAH termasuk dalam kategori cukup baik. Pada indikator kondisi alat, keempat PPAH memiliki kategori cukup baik.

### Kondisi Tempat Produksi Agens Hayati PPAH Madiun

Hasil penilaian indikator kondisi tempat produksi agens hayati (Tabel 2), terdapat satu PPAH, yaitu Mekar Sari yang termasuk dalam kategori cukup baik. PPAH Mekar Sari memiliki ruang khusus untuk produksi yang tidak dimiliki oleh tiga PPAH lainnya. Ruang khusus di PPAH Mekar Sari tidak memiliki pembagian, ruangan yang tersedia tidak hanya digunakan produksi saja melainkan juga untuk tempat penyimpanan alat dan produk agens hayati. Tempat produksi yang menjadi satu dan tidak terdapat pembagian ruang juga dimiliki oleh tiga PPAH lainnya, yaitu Hidup Lestari, Mitra Tani, dan Alam Lestari. Tempat produksi yang dimiliki ketiga PPAH berada di ruang terbuka (Gambar 11).



Gambar 11. Kondisi Laboratorium Mini PPAH a. Hidup Lestari, b. Mekar Sari, c. Mitra Tani, d. Alam Lestari

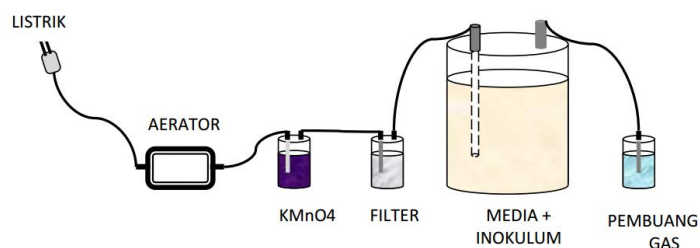
Tempat produksi agens hayati PPAH Mekar Sari berukuran 3 x 3 meter. Kondisi ruangan cukup baik, terdapat ventilasi sebagai tempat sirkulasi udara (Gambar 11.b). Tempat produksi agens hayati PPAH Hidup Lestari memanfaatkan sedikit tempat kosong di sebelah rumah berada antara garasi dan gudang pertanian (Gambar 11.a). Tempat produksi agens hayati terletak di ruang terbuka tanpa terdapat sekat dengan rumah pemilik PPAH yang sedang dalam tahap renovasi. Tempat produksi di ruang terbuka dimiliki oleh PPAH Mitra Tani

dan Alam Lestari. PPAH Mitra Tani memanfaatkan tempat di belakang rumah dekat dengan sumur dan kamar mandi, serta lorong sebelah rumah dengan panjang sekitar 4 meter dan lebar 1,5 meter. Pada tempat produksi tidak terdapat sekat pemisah dengan sumur dan kamar mandi (Gambar 11.c). Tempat produksi yang berada di lorong sebelah rumah terletak di tempat terbuka dengan beralas tanah. Sekat yang digunakan terbuat dari anyaman bambu (*gedek*) untuk memisahkan tempat produksi dengan tembok rumah. PPAH Alam Lestari memiliki tempat produksi terletak di luar dan dalam rumah. Kondisi tempat produksi yang berada di luar rumah terletak pada tempat terbuka tanpa sekat serta dekat dengan kandang hewan ternaknya serta tempat pengomposan kascing. Kondisi tempat produksi yang berada di dalam rumah terletak dekat dengan dapur tanpa ada sekat dan beralaskan tanah (Gambar 11.d).

Keempat PPAH sudah baik, memiliki semangat dalam menekuni kegiatan pengembangan agens hayati untuk memenuhi kebutuhan petani pengguna. Hal tersebut ditunjukkan dengan kemauan pihak PPAH untuk menyediakan tempat produksi produk agens hayati. Hal yang perlu ditingkatkan kembali oleh pihak PPAH di Madiun adalah membuat jadwal piket kebersihan laboratorium mini. Jadwal piket yang belum ada membuat keadaan lingkungan tempat produksi kurang terjaga kesterilannya. Tempat produksi tidak steril dapat menjadi sumber kontaminan mikroba lain pada hasil produk agens hayati PPAH di Madiun.

### **Kondisi Alat Produksi Agens Hayati Empat PPAH Madiun**

Alat produksi agens hayati yang disarankan untuk melakukan produksi skala sederhana adalah dengan menggunakan rangkaian alat aerator dan galon sebagai tempat media perbanyak agens hayati. LPHP Madiun dalam pelatihan selalu memperingatkan kepada pihak PPAH untuk selalu menjaga kesterilan atau kebersihan alat maupun tempat produksi agens hayati. Rangkaian fermentor sederhana, hendaknya disusun dengan rapi sesuai dengan rekomendasi (Gambar 12).



Gambar 12. Rangkaian Fermentor Sederhana (Himawan *et al.*, 2015)

Hasil observasi dan wawancara menunjukkan bahwa kondisi alat produksi keempat PPAH di Madiun termasuk dalam kategori penilaian cukup baik. Rangkaian alat fermentor sederhana yang digunakan oleh keempat PPAH memiliki komposisi sama. Keempat PPAH di Madiun mampu merangkai alat fermentor sederhana sesuai dengan rekomendasi. Perbedaan alat fermentor sederhana keempat PPAH adalah bahan yang digunakan dalam rangkaian aerator, sekat, dan cara sterilisasi alat produksi agens hayati (Gambar 13).



Gambar 13. Fermentor Sederhana PPAH a. Hidup Lestari, b. Mekar Sari, c. Mitra Tani, d. Alam Lestari

Empat PPAH di Madiun telah mampu merangkai alat fermentor sederhana untuk produksi agens hayati. PPAH Hidup Lestari dan Alam Lestari memiliki kesamaan pada bahan yang digunakan dalam rangkain aerator yaitu penggunaan botol kemasan pestisida sintetik berbahan PVC/ HDPE sebagai tempat Permangans Kalicus (PK) atau  $\text{KMnO}_4$  dan filter (kapas/glasswo) (Gambar 13.a dan d). Botol plastik berbahan PVC/ HDPE diketahui tidak mudah bereaksi dengan bahan kimia selain botol kaca. Botol dengan bahan PVC/HDPE aman digunakan sebagai tempat  $\text{KMnO}_4$ . Sedangkan untuk botol kontrol kedua PPAH ini menggunakan botol kaca untuk memudahkan mengamati air kontrol. Kesamaan lain yang dimiliki oleh kedua PPAH adalah setiap agens hayati memiliki aerator yang sama namun dengan filter yang berbeda tiap agens hayati dan tidak terdapat sekat diantaranya. Selain itu tempat atau wadah media juga

memiliki kesamaan yaitu menggunakan drim berukuran 100 Liter (Gambar 13.a dan d).

PPAH Mekar Sari dan PPAH Mitra Tani memiliki kesamaan pada bahan yang digunakan sebagai rangkaian aerator yaitu berupa botol plastik bekas air mineral, dan filter yang digunakan sama yaitu berbahan kapas (Gambar 13.b dan c). Kemudian untuk rangkaian aerator, milik PPAH Mitra Tani memiliki rangkaian yang lebih rapi susunannya dibandingkan dengan PPAH Mekar Sari. Aerator yang digunakan sebagai alat perbanyakan adalah satu untuk dua mikroba dengan filter yang berbeda dan tanpa sekat diantaranya. Kemudian tempat yang digunakan sebagai media perbanyakan berupa galon dengan ukuran 18 Liter.

Keempat PPAH di Madiun sudah memiliki kemampuan yang baik dalam hal penyusunan alat fermentor sederhana untuk melakukan produksi agens hayati. Kelengkapan alat yang dimiliki juga sudah baik sesuai dengan rekomendasi (Gambar 12). Ada tiga hal yang perlu ditingkatkan dan diperhatikan adalah mengenai SOP penggunaan, sterilisasi, serta sekat pemisah alat produksi agens hayati. Pengadaan SOP mengenai penggunaan alat belum dilakukan dengan baik, hanya terdapat satu PPAH yaitu Mitra Tani yang memiliki SOP secara tertulis. Hal tersebut perlu dilakukan oleh PPAH supaya mempermudah PPAH dalam melakukan kegiatan produksi dan menghindari terjadi kesalahan dalam penggunaan alat. Seperti pada rangkai alat fermentor sederhana yang masih menggunakan botol bekas air mineral sebagai tempat  $KMnO_4$ , diketahui bahwa bahan plastik air mineral sangat mudah bereaksi dengan bahan kimia.

Hal kedua yang perlu diperhatikan adalah mengenai sterilisasi alat produksi agens hayati. Sterilisasi alat produksi yang dilakukan oleh keempat PPAH adalah dengan direndam dengan air panas beberapa menit untuk mematikan mikroba dicuci menggunakan deterjen dan dibilas menggunakan air bersih dan disiram kembali dengan air panas, kemudian dijemur di bawah sinar matahari. Namun, keempat PPAH di Madiun melakukan sterilisasi alat saat awal produksi saja, untuk produksi selanjutnya sterilisasi dilakukan dengan mencuci alat saja.

### **Proses Perbanyakan Agens Hayati Empat PPAH Madiun**

PPAH memperoleh pengetahuan tentang proses perbanyakan agens hayati dari LPHP Madiun. Proses perbanyakan agens hayati yang diterapkan oleh empat PPAH di Madiun hampir sama, kecuali PPAH Mekar Sari.

Kegiatan produksi pada keempat PPAH dirangkum dalam bentuk tabel (Tabel 3) menghasilkan keterangan cara serta bahan yang digunakan dalam proses perbanyakan agens hayati.

Tabel 3. Proses Produksi Agens Hayati PPAH Madiun

Proses Produksi Agens Hayati	Nama PPAH			
	Hidup Lestari	Mekar Sari	Mitra Tani	Alam Lestari
Jangka waktu produksi	Sesuai pesanan/kebutuhan	Sesuai kebutuhan 2-3 bulan sekali	Sesuai kebutuhan	Sesuai pesan dan kebutuhan
Jumlah produk yang dihasilkan dalam 1 kali produksi	skala besar	Skala kecil (1 produk 2 galon)	Skala besar	Skala Besar
Asal isolat indukan	Beli di LPHPTPH Madiun	Beli di LPHPTPH Madiun dan barter BPP	Beli di LPHPTPH Madiun	Beli di LPHPTPH Madiun
Cara sterilisasi alat	Alat dicuci, direbus dan disemprot alkohol	Alat dicuci, disiram air panas dan dijemur	Alat dicuci dan disemprot alkohol	Alat dicuci, disemprot alkohol
Media perbanyakan				
a. Jamur	Jagung untuk <i>Trichoderma</i> sp. dan <i>L.lecanii</i> sama dengan bakteri	Air kedelai dan air leri	Ekstrak kentang dan air leri	Air leri dan air kedelai
b. Bakteri	Air kedelai dan ekstrak kentang	air kedelai dan air leri	Ekstrak kentang dan air leri	Air kedelai dan air leri
Cara sterilisasi media	Direbus selama 3 sampai 4 jam	Direbus sampai mendidih	Direbus selama 4 jam	Direbus selama 6 jam
Waktu fermentasi agens hayati	7-14 hari	7-14 hari	7-14 hari	7-14 hari
Pengemasan				
a. Bentuk kemasan	Sebagian dikemas jirigen plastik	Tidak dikemas	Tidak dikemas	Jerigen plastik 5 liter dan 1 liter
b. Label kemasan	Ada	Tidak ada	Tidak ada	Ada

Keterangan: Skala besar: 100-120 liter; skala kecil: 15-18 liter



PPAH Mitra Tani melakukan produksi sesuai dengan prosedur yang telah direkomendasikan (Tabel 3). Media perbanyakan yang digunakan oleh PPAH adalah ekstrak kentang dan terkadang menggunakan air leri atau air cucian beras yang pertama. Dilakukan sterilisasi media dengan direbus selama kurang lebih empat jam setelah itu didiamkan sampai dingin kemudian diinokulasikan dengan isolat bakteri atau jamur. Satu galon berukuran 18 liter dibutuhkan tiga sampai empat isolat yang diinokulasikan. Dan dilakukan fermentasi selama dua minggu. Produk agens hayati yang telah dipanen tidak dilakukan pengemasan karena langsung didistribusikan ke petani atau digunakan secara langsung di lahan.

PPAH Hidup Lestari melakukan pembuatan media perbanyakan secara padat untuk perbanyakan isolat jamur *Trichoderma* sp. dan cair sebagai media perbanyakan isolat jamur *B. bassiana*, *L. lecanii*, bakteri *Corynebacterium* sp. (Tabel 3). Untuk media padat digunakan jagung sebanyak 4 kg yang telah dicuci kemudian dikukus selama kurang lebih 4 jam, didinginkan kemudian dimasukkan ke dalam plastik dan jika sudah tidak panas dimasukkan isolat *Trichoderma* sp. Kemudian media perbanyakan cair digunakan ekstrak kentang dan air leri yang direbus selama 3 sampai 4 jam kemudian dimasukkan ke dalam drum ukuran 100-120 liter kemudian didiamkan satu hari dan dimasukkan isolat kurang lebih 20 isolat yang diinokulasikan. Fermentasi yang dilakukan adalah selama dua minggu. Kemudian untuk produk yang dipesan dikemas dengan menggunakan jirigen ukuran 5 liter. Untuk petani pengguna dari kelompok taninya mengambil secara gratis dan jika dijual seharga 15000 rupiah untuk ukuran botol mineral 1,5 liter.

PPAH Mekar Sari melakukan proses produksi dalam skala kecil yaitu menggunakan galon berukuran 18 liter karena digunakan sendiri dan kelompok taninya yang membutuhkan (Tabel 3). Media perbanyakan yang digunakan oleh PPAH adalah air kedelai yang didapatkan dari pabrik tahu dan biasa dicampur dengan air leri untuk media padat digunakan buah sukun yang sudah masak. Media perbanyakan disterilisasi dengan direbus sampai mendidih, jika muncul busa yang terlalu banyak ketika merebus media biasanya ditambahkan 2 sendok makan minyak goreng. Kemudian setelah disterilisasi media dimasukkan ke dalam galon dan didiamkan selama satu hari. Esok harinya dilakukan inokulasi isolat dari jamur atau bakteri. Fermentasi yang dilakukan kurang lebih selama 2 minggu. Produk agens hayati yang telah jadi tidak dilakukan pengemasan dan

digunakan sesuai kebutuhan kelompok tani, jika ada yang membeli dijual dengan harga 15000 rupiah setiap 1,5 liter yang dikemas dengan botol bekas air mineral yang dibawa oleh petani dari kelompok tani lain.

PPAH Alam Lestari melakukan produksi agens hayati dengan skala besar karena memang untuk diperjualbelikan (Tabel 3). Digunakan drum berukuran 100–120 liter untuk produksi setiap jenis agens hayati baik jamur maupun bakteri. Media perbanyakannya yang digunakan oleh PPAH Alam Lestari adalah air rebusan kedelai dan air leri dengan sterilisasi media dengan direbus selama enam jam. Kemudian dimasukkan ke dalam isolat dan didiamkan selama satu hari dan diinokulasikan dengan isolat. Fermentasi yang dilakukan selama 7 -14 hari. Setelah dilakukan pemanenan produk agens hayati dikemas dalam jirigen ukuran lima liter dan dihargai 100000 rupiah dengan garansi yang telah ditetapkan oleh usaha dagang yang dimiliki oleh PPAH Alam Lestari.

Kegiatan produksi dari keempat PPAH di Madiun menghasilkan sampel sebanyak sembilan jamur dan lima bakteri produk agens hayati (Tabel 4).

Tabel 4. Produk PPAH Madiun

Nama PPAH	Produk yang dihasilkan	
	Jamur	Bakteri
Hidup Lestari	<i>Trichoderma</i> sp. <i>B. bassiana</i> <i>L. lecanii</i>	<i>Corynebacterium</i>
Mekar Sari	<i>Trichoderma</i> sp. <i>L. lecanii</i>	<i>P. polymyxa</i> <i>P. fluorescens</i>
Mitra Tani	<i>L. lecanii</i>	<i>P. polymyxa</i>
Alam Lestari	<i>Trichoderma</i> sp. <i>B. bassiana</i> <i>L. lecanii</i>	<i>Corynebacterium</i>

Keempat PPAH di Madiun sudah baik dalam melakukan kegiatan produksi agens hayati. Beberapa hal yang harus diperhatikan kembali oleh PPAH di Madiun adalah mengenai SOP proses produksi, pengemasan serta penyimpanan produk agens hayati. Dalam hal pengadaan SOP secara tertulis mengenai proses produksi agens hayati hanya dimiliki oleh satu PPAH, Mitra Tani sedangkan tidak dilakukan oleh tiga PPAH lain. SOP sangat dibutuhkan dalam proses produksi agens hayati untuk mengawal kegiatan dalam meminimalisasi kurangnya tahapan dan kesalahan saat proses produksi berlangsung. Pengemasan terhadap hasil produksi agens hayati perlu dilakukan untuk menghindari kontaminasi yang baik serta pemberian label yang harus

tertera pada kemasan. Hal ini telah dilakukan oleh dua PPAH, Hidup Lestari dan Alam Lestari. Yang perlu ditingkatkan kembali pada pemberian label kemasan adalah informasi yang tertera. Informasi yang harus ada dalam label kemasan adalah jenis mikroba, kerapatan, dan tanggal kadaluarsa. Pada label kemasan yang dimiliki oleh dua PPAH belum mencantumkan hal tersebut, khususnya tanggal kadaluarsa. Tanggal kadaluarsa menunjukkan kemampuan suatu mikroba pada produk agens hayati sebagai pengendali OPT, diketahui bahwa kemampuan suatu mikroba yang ada dalam kemasan dapat menurun setelah tiga bulan masa simpan. Kemudian yang ketiga adalah mengenai cara penyimpanan yang telah dilakukan keempat PPAH sudah cukup baik tidak diletakkan pada tempat yang terkena sinar matahari langsung. Hal yang perlu ditingkatkan kembali adalah membuat ruang penyimpanan khusus produk agens hayati dengan suhu dan kelembaban yang diperhatikan untuk meminimalisasi terjadinya kontaminasi mikroba lain.

#### **Kontrol Kualitas Produk Agens Hayati PPAH Madiun**

PPAH Madiun dalam pelatihan direkomendasikan melakukan kontrol kualitas pada produk agens hayati yang dihasilkan (Tabel 5). Kontrol kualitas dilakukan dengan uji mutu produk agens hayati. Uji mutu produk agens hayati dilakukan dengan mengirimkan sampel pada LPHP Madiun. Pegujian mutu produk agens hayati sebaiknya dilakukan secara rutin setiap hasil produksi agens hayati. Kegiatan kontrol kualitas produk agens hayati diukur dari pelaksanaan uji mutu, rentang waktu melakukan uji mutu, serta penyimpanan arsip produk yang telah diuji.

Tabel 5. Kontrol Kualitas Agens Hayati yang dilaksanakan PPAH Madiun

Indikator	Hasil Penilaian			
	Hidup Lestari	Mekar Sari	Mitra Tani	Alam Lestari
Pelaksanaan Uji Mutu	40	40	60	40
Rentang waktu pengiriman produk untuk diuji mutu	60	40	40	40
Penyimpanan arsip produk	20	20	40	20
Jumlah Nilai	120	100	140	100
Rata-rata	40	33	47	33
Kategori	Kurang Baik	Kurang Baik	Cukup Baik	Kurang Baik

Keterangan: Kategori nilai 0-20= tidak baik, 20-40=kurang baik, 40-26=cukup baik, 60-80=baik, 80-100=sangat baik

Hasil penilaian menunjukkan bahwa keempat PPAH melakukan kontrol kualitas produk agens hayati yang termasuk dalam kategori kurang baik sampai

cukup baik. Hasil penilaian setiap indikator, nilai tertinggi dalam pelaksanaan uji mutu agens hayati adalah PPAH Mitra Tani (Tabel 5). PPAH Mitra Tani tergolong dalam PPAH binaan LPHP Madiun yang masih baru berdiri yaitu tahun 2015. PPAH Mitra Tani rutin mengirim sampel produk agens hayati pada pihak LPHP Madiun dan memiliki arsip hasil pengujian mutu secara tertulis. Hasil pengujian mutu yang diarsipkan memberikan kemudahan pada PPAH dalam evaluasi kegiatan produksi agens hayati.

Dalam hal rentang waktu pengiriman produk agens hayati untuk dilakukan uji mutu, PPAH Hidup Lestari memiliki nilai tertinggi (Tabel 5) dikarenakan PPAH berdiri lebih lama dibandingkan ketiga PPAH. Jika dihitung sampai saat ini PPAH Hidup Lestari mengirimkan produk agens hayatinya lebih dari 5 kali untuk uji mutu, namun tidak dapat dipastikan karena tidak terdapat arsip hasil pengujian mutu produk agens hayati.

Dari kegiatan kontrol kualitas oleh empat PPAH di Madiun, tidak rutin mengirimkan sampel produk agens hayati untuk diuji. Pengujian dilakukan secara berkala dengan asumsi jika sekalian dua kali telah melakukan uji dan mendapat hasil sesuai standar, maka produk yang dihasilkan setelahnya dengan cara yang sama akan menghasilkan mutu sama. Kegiatan kontrol kualitas sangat penting untuk dilakukan dalam menjaga kelayakan mutu suatu produk agens hayati.

Keempat PPAH di Madiun sudah cukup baik dalam melakukan setiap tahapan produksi agens hayati. Penilaian terhadap setiap indikator dilakukan sebagai bahan evaluasi PPAH yang digolongkan dalam kategori (Tabel 6).

Tabel 6. Penilaian PPAH berdasarkan Indikator Penilaian

Nama PPAH	Penilaian Indikator Produksi Agens Hayati				Rata-rata	Kategori
	Kondisi Tempat	Kondisi Alat	Proses Perbanyakkan	Kontrol Kualitas		
Hidup Lestari	28	48	30	40	37	Kurang Baik
Mekar Sari	44	48	20	33	36	Kurang Baik
Mitra Tani	36	52	40	47	44	Cukup Baik
Alam Lestari	28	44	43	33	37	Kurang Baik

Keterangan: Kategori nilai 0-20= tidak baik, 20-40=kurang baik, 40-60=cukup baik, 60-80=baik, 80-100=sangat baik

Hasil penilaian tiap PPAH dalam melaksanakan kegiatan produksi agens hayati termasuk dalam kategori kurang baik sampai cukup baik (Tabel 6). PPAH Mitra Tani termasuk dalam kategori cukup baik yang dikatakan mampu melaksanakan produksi agens hayati dengan baik dan sesuai rekomendasi.

## 4.2 Uji Mutu Produk Agens Hayati PPAH Madiun di Laboratorium

### 4.2.1 Uji Kesesuaian Produk Agens Hayati dengan Label Kemasan

Uji kesesuaian produk agens hayati dilakukan untuk mengetahui kemurnian mikroba agens hayati dalam kemasan produk yang dihasilkan PPAH. Produk agens hayati yang didapatkan dilakukan uji kesesuaian terhadap label kemasan (Tabel 7). Uji kesesuaian produk agens hayati berupa jamur dilakukan dengan penghitungan kerapatan konidia/ koloni dan viabilitas.

#### Pengujian Kesesuaian Produk Jamur Agens Hayati

**Penanaman pada media PDA.** Sampel jamur produk agens hayati ditanam pada media PDA untuk mengetahui pertumbuhan miselium jamur secara langsung (makroskopis). Dari kenampakan jamur yang tumbuh pada PDA dapat dilakukan pengamatan kesesuaian dengan membandingkan bentuk miselium yang tumbuh dengan bentuk aslinya (literatur dan buku).

Kenampakan makroskopis pada media PDA menunjukkan bahwa saat penanaman sampel, miselium pada semua produk jamur agens hayati tidak tumbuh pada 14 hsi. Terjadi kontaminasi pada semua produk ketika diinokulasikan pada media PDA. Kontaminasi yang terlihat seperti *khamir*, yaitu jamur yang menyerupai bakteri. Dengan hasil makroskopis yang belum diketahui kesesuaiannya, dilakukan dengan melihat hasil pengamatan bentuk konidia dalam kenampakan mikroskopis

**Pengamatan bentuk konidia pada mikroskop.** Hasil pengamatan konidia menunjukkan bahwa semua sampel produk jamur agens hayati terlihat bentuk konidianya. Kenampakan konidia sampel jamur *Trichoderma* sp. PPAH Hidup Lestari dan PPAH Mekar Sari menunjukkan bentuk konidia bulat sampai elips dengan kedua ujung yang sama besar. Menurut Efendi (2013) bentuk konidia dari jamur *Trichoderma* sp. adalah bulat hingga *elips* (oval) dan terdiri dari satu sel.

Kenampakan mikroskopis jamur *L. lecanii* menurut Barnet dan Hunter (1998) bahwa bentuk konidia bulat hingga membentuk silinder tidak berwarna, terdiri dari satu sel dan akan membentuk kelompok jika dalam kondisi lembab. Pernyataan tersebut sesuai dengan bentuk konidia yang terlihat pada sampel produk agens hayati dari PPAH Hidup Lestari dan Mekar Sari.

Jamur *B. bassiana* memiliki bentuk konidia yang bulat hingga lonjong seperti bentuk telur yang ujungnya menyempit, tidak berwarna (*hyaline*) dan terdiri dari

satu sel (Barnett dan Hunter, 1998). Sampel produk jamur agens hayati PPAH Hidup Lestari memiliki bentuk konidia yang bulat seperti telur dan tidak berwarna.

Tabel 7. Kesesuaian Jamur Produk Agens Hayati PPAH Madiun dengan Label

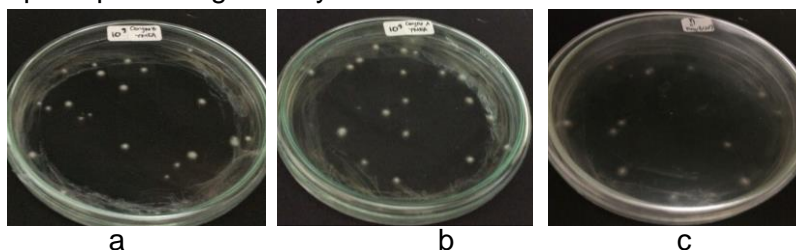
Nama PPAH	Jenis Produk	Bentuk Mikroskopis	Kontaminan	Kesesuaian dengan Label Kemasan
Hidup Lestari	<i>Trichoderma</i> sp.	Sesuai	ada	Sesuai
	<i>B. bassiana</i>	Sesuai	ada	Sesuai
	<i>L. lecanii</i>	Sesuai	ada	Sesuai
Mekar Sari	<i>Trichoderma</i> sp.	Sesuai	ada	Tidak Sesuai
	<i>L. lecanii</i>	Sesuai	ada	Tidak Sesuai
Mitra Tani	<i>L. lecanii</i>	Tidak Sesuai	ada	Tidak Sesuai
Alam Lestari	<i>Trichoderma</i> sp.	Tidak Sesuai	ada	Tidak Sesuai
	<i>B. bassiana</i>	Tidak Sesuai	ada	Tidak Sesuai
	<i>L. lecanii</i>	Tidak Sesuai	ada	Tidak Sesuai

Keterangan : TS= Tidak Sesuai; S= Sesuai

Hasil dari pengujian kesesuaian sebanyak 33% produk jamur agens hayati sesuai dengan label kemasan. Terdapat sampel yang memiliki bentuk mikroskopis sesuai namun tidak memiliki label kemasan (Tabel 3), maka termasuk dalam sampel yang tidak sesuai. Sampel produk jamur agens hayati memiliki tingkat kontaminasi tinggi, sebanyak 100% produk terkontaminasi dengan mikroba lain (Tabel 7). Kesesuaian bentuk mikroskopis didasarkan pada perbandingan menggunakan buku identifikasi Barnett dan Hunter.

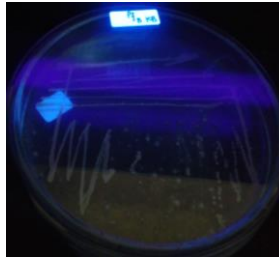
#### Pengujian Kesesuaian Bakteri Produk Agens Hayati

**Penanaman pada media selektif** dilakukan untuk membuktikan kebenaran keberadaan bakteri yang sesuai dengan label kemasan. Dilakukan penanaman pada media selektif (Gambar 14) ditujukan untuk mengetahui isolat murni yang terdapat pada produk agens hayati masih bertahan.



Gambar 14. Koloni pada Media Selektif YMEA dan King's B; a,b. *Corynebacterium* sp; c. *P. fluorescens*

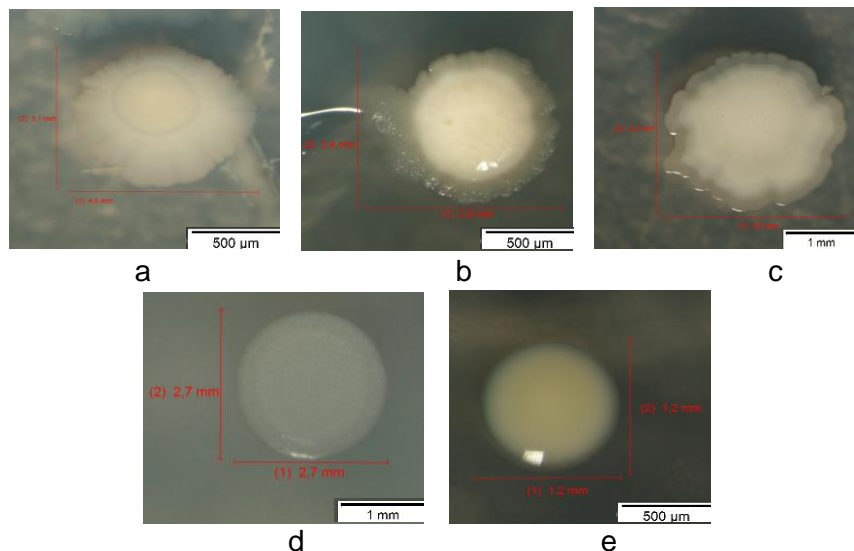
**Uji di Bawah Sinar UV.** Dari hasil penanaman bakteri pada media selektif, *P. fluorescens* mampu tumbuh koloninya di media Kings B. Kebenaran dari bakteri tersebut dibuktikan dengan penyinaran bakteri di bawah sinar UV (Gambar 15).



Gambar 15. Koloni *P. fluorescens* pada media King's B di bawah sinar UV

Hasil pengujian di bawah sinar UV menunjukkan bahwa bakteri yang tumbuh tidak berpendar. Bakteri dapat dinyatakan tidak memiliki pigmen fluorescent yang dapat berpendar. Sesuai dengan pernyataan Arwiyanto (2007) bahwa bakteri kelompok *P. fluorescens* mampu bertahan pada media King's B yang memiliki kadar Fe rendah dan membentuk siderofor untuk mengikat ion Fe. Pembentukan siderofor dapat diketahui dengan adanya pigmen warna kuning kehijauan yang berdifusi ke dalam media King's B dan akan terlihat lebih jelas lagi pada sinar UV dengan panjang gelombang 365 nm.

**Pengamatan morfologi bakteri yang tumbuh.** Morfologi koloni yang tumbuh diamati secara langsung bakteri pada media NA (*nutreient agar*). Bakteri yang telah ditumbuhkan pada media selektif, diisolasikan pada media NA untuk dilakukan pengamatan morfologi (Gambar 16).



Gambar 16. Koloni Bakteri pada Media NA; a, b. *Corynebacterium* sp; c,d. *P. polymyxa*; e. *P. fluorescens*

Hasil pengamatan morfologi bakteri menunjukkan bentuk koloni yang terlihat secara kasat mata. Sampel bakteri *Corynebacterium* sp. PPAH Hidup Lestari dan Mekar Sari memiliki bentuk sama dengan koloni yang berbentuk bulat dengan warna putih keruh memiliki tepi yang tidak rata seperti berombak. Elevasi yang

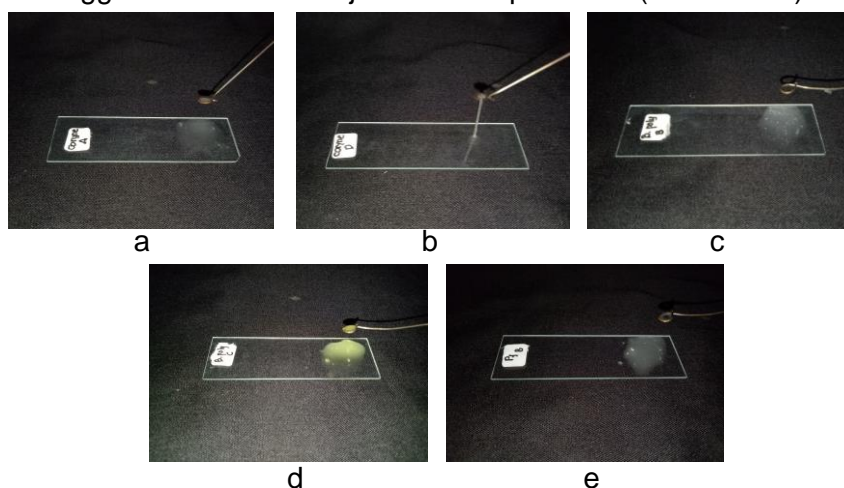
dimiliki agak lebih tinggi dari media, ukuran diameter yang dimiliki bakteri 0,1 – 0,2  $\mu\text{m}$  sampel PPAH A dan 0,1 – 0,2  $\mu\text{m}$ .

Kenampakan morfologi sampel bakteri *P. polymyxa* yang dimiliki PPAH Mekar Sari dan Mitra Tani memiliki bentuk koloni yang terlihat berbeda. Koloni sampel bakteri PPAH Mekar Sari tidak beraturan dengan warna putih krem membentuk tepi berombak tidak rata dan agak lebih tinggi dari medianya. Ukuran diameter yang dimiliki bakteri berkisar 0,1 – 0,2  $\mu\text{m}$ . sedangkan bentuk koloni yang dimiliki sampel bakteri PPAH Mitra Tani adalah bulat dengan warna yang putih bening memiliki tepi rata dan elevasinya rata dengan medianya. Ukuran diameter dari sampel bakteri berkisar 0,4 – 0,4  $\mu\text{m}$ .

Morfologi koloni yang dimiliki oleh sampel bakteri *P. fluorescens* PPAH Mekar Sari ialah bulat dengan warna putih keruh kekuningan dengan tepi rata dengan ukuran diameter 0,4 – 0,4  $\mu\text{m}$ . elevasi yang dimiliki sampel bakteri terlihat cembung pada media.

**Uji Gram.** Berikut ini merupakan hasil uji sampel produk bakteri agens hayati yang telah dilakukan uji gram berdasarkan tahapan yang dilalui :

**Uji KOH** dilakukan untuk mengetahui ketebalan peptidoglikan yang ada pada dinding sel bakteri. Bakteri gram negatif biasa memiliki dinding sel yang tipis, sehingga saat dilakukan uji KOH terdapat lendir (Gambar 17).



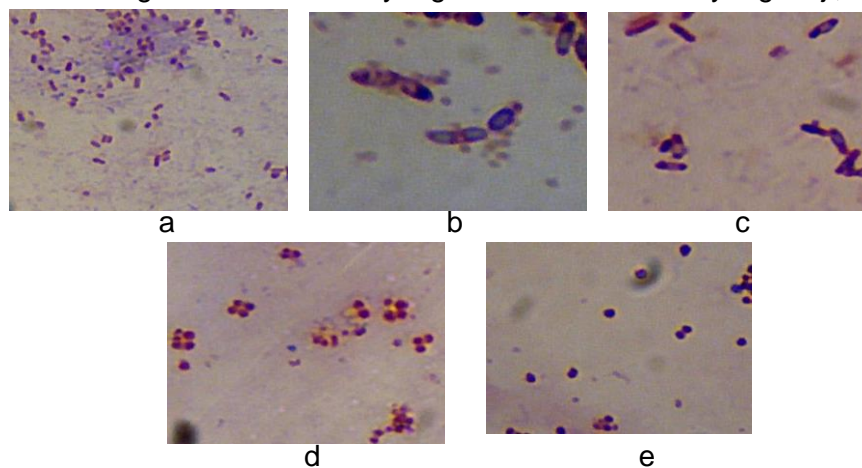
Gambar 17. Uji KOH Bakteri; a,b. *Corynebacterium* sp; c,d. *P. polymyxa*; e. *P. fluorescens*

Pengujian KOH yang telah dilakukan memberikan hasil sampel bakteri produk agens hayati *Corynebacterium* sp. PPAH Hidup Lestari, *P. polymyxa* PPAH Mekar Sari dan PPAH Mitra Tani, serta *P. fluorescens* PPAH Mekar Sari tidak membentuk lendir pada kaca preparat (*Object glass*) ketika ditetesi oleh larutan KOH 3%. Hal menunjukkan bahwa gram yang dimiliki oleh keempat



bakteri adalah gram positif (+). Sedangkan, pada bakteri produk agens hayati *Corynebacterium* sp. PPAH Alam Lestari membentuk lendir pada kaca preparatnya yang berarti bakteri memiliki gram negatif (-). Pengujian KOH dibuktikan kembali keakuratannya gram bakteri melalui pewarnaan gram.

**Pewarnaan Gram** merupakan cara untuk mengetahui sifat yang dimiliki oleh bakteri. Bakteri secara kasat mata memiliki warna yang sama dan cenderung tidak berwarna jika diamati secara mikroskopis. Pewarnaan gram bertujuan untuk mengetahui bakteri termasuk dalam gram positif atau negatif. Sebagian besar bakteri yang memiliki gram negatif berbahaya, dapat menjadi patogen bagi tanaman maupun manusia. Bakteri yang berwarna biru hingga keunguan saat dilakukan pewarnaan gram termasuk dalam gram positif. Sedangkan bakteri dengan warna merah termasuk dalam gram negatif. Pewarnaan gram juga berfungsi untuk mengetahui bentuk sel yang dimiliki oleh bakteri yang diuji,



Gambar 18. Pewarnaan Gram Bakteri, a,b. *Corynebacterium* sp; c, d. *P. polymyxa*; e. *P. fluorescens*

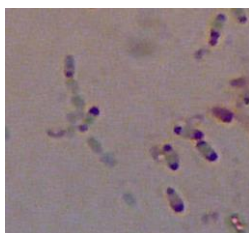
Pewarnaan gram dilakukan untuk mengetahui gram positif (+) dan negatif (-) bakteri sampel produk agens hayati. Sampel produk bakteri *Corynebacterium* sp. dari PPAH Hidup Lestari dan Alam Lestari (Gambar 18. a dan b) menunjukkan warna ungu yang merupakan bakteri gram (+) dengan bentuk sel seperti batang sedikit melengkung dengan ujung yang tidak sama, salah satu ujungnya terlihat lebih besar, tidak memiliki spora, tidak memiliki flagel yang berarti *nonmotile* dan sesuai dengan pernyataan Funke *et al* (2011). Bakteri membentuk struktur sel berupa sel tunggal pada sampel produk PPAH Hidup Lestari dan berpasangan pada sampel produk PPAH Mekar Sari. Perbedaan struktur sel dikarenakan pengambilan sampel dalam bentuk cair. Funke *et. al* (2011) menyatakan bahwa bakteri *Corynebacterium* sp. dari media cair akan memiliki bentuk struktur sel

yang berbeda, membentuk sel tunggal, berpasangan, huruf V, rangkaian, serta berkelompok.

Pewarnaan gram pada bakteri *P. polymyxa* sampel produk agens hayati PPAH Mekar Sari (Gambar 18. c) dan Mitra Tani (Gambar 18. d) menunjukkan warna ungu pada keduanya yang berarti bakteri tersebut memiliki gram positif. Bentuk sel dari hasil pewarnaan gram, pada sampel PPAH Mekar Sari bakteri memiliki bentuk sel batang, tidak memiliki flagel, dan terdapat pembentukan spora yang berada di bagian tengah sel bakteri. Sesuai dengan pernyataan Wang *et. al* (2010) bahwa bakteri antagonis *P. polymyxa* memiliki gram positif (+) dengan bentuk sel batang tanpa flagel yang berarti *nonmotile*, mampu memproduksi endospora pada bagian tengah sel. Sampel PPAH Mitra Tani pada sel bakteri tidak menunjukkan bentuk sel yang sesuai dengan pernyataan tersebut. Pembentukan endospora pada sel bakteri *P. polymyxa* dapat diketahui dari hasil pewarnaan spora.

Pewarnaan gram pada bakteri *P. fluorescens* (Gambar 18. e) sampel produk agens hayati PPAH Mekar Sari menunjukkan warna ungu yang merupakan bakteri gram (+) dengan bentuk bulat kokus. Sel bakteri tidak memiliki flagel (*nonmotile*). Hasil pewarnaan gram tidak sesuai dengan hasil uji yang telah dilakukan oleh Mayz *et. al* (2013) bahwa bakteri *P. fluorescens* memiliki gram (-) dengan bentuk sel batang. Menurut Franzetti *et. al* (2007) *P. fluorescens* memiliki gram negatif (-) dengan sel berbentuk batang bukan bulat kokus.

**Pewarnaan Spora** dilakukan pada bakteri bergenus Bacillus. Bakteri dengan genus Bacillus memiliki keistimewaan, yaitu mampu memproduksi endospora pada selnya. Kemampuan membentuk spora dapat diketahui dengan pewarnaan spora. Bakteri yang mampu membentuk endospora menunjukkan sel bakteri berbentuk seperti barbel. Di tengah sel bakteri terdapat seperti ruang kosong yaitu tempat sel bakteri memproduksi endospora. Dalam uji pewarnaan spora, endospora yang ada dalam sel bakteri menunjukkan warna hijau. Sedangkan, bakteri yang tidak memiliki endospora akan berwarna sama dengan gram bakteri pembentuknya (Gambar 19).



Gambar 19. Pewarnaan Spora Bakteri *P. polymyxa*

Hasil pengujian warna spora pada sampel bakteri *Bacillus* sp. dilakukan untuk mengetahui keberadaan spora bakteri yang merupakan keistimewaan dari kelompok bakteri *Bacillus* sp. Hasil pengujian telah menunjukkan bahwa bakteri sampel produk bakteri *P. polymyxa* PPAH Mekar memiliki kemampuan membentuk endospora dari hasil pewarnaan spora yang berwarna hijau.

Dari uji kesesuaian didapatkan tiga bakteri yang sesuai. Namun, hanya terdapat dua bakteri yang sesuai dengan label kemasan. PPAH Mekar sari tidak memiliki label kemasan sehingga dinyatakan bakteri produk agens hayati tidak sesuai (Tabel 8).

Tabel 8. Kesesuaian Bakteri Produk Agens Hayati PPAH Madiun

Nama PPAH	Jenis Produk	Pengujian				Kesesuaian dengan Label Kemasan
		Media Selektif	Sinar UV	Morfologi	Uji Gram	
Hidup Lestari	<i>Corynebacterium</i> sp.	tumbuh pada YMEA	Tidak dilakukan	sesuai	+	sesuai
Mekar Sari	<i>P. polymyxa</i>	tumbuh pada NA	Tidak dilakukan	sesuai	+	Tidak sesuai
	<i>P. fluorescens</i>	tumbuh pada King's B	Tidak berpendar	Tidak sesuai	+	Tidak sesuai
Mitra Tani	<i>P. polymyxa</i>	tumbuh pada NA	Tidak dilakukan	Tidak sesuai	+	Tidak sesuai
Alam Lestari	<i>Corynebacterium</i> sp.	tumbuh pada YMEA	Tidak dilakukan	sesuai	+	sesuai

Keterangan: (+):gram positif

Pengujian kesesuaian sampel dari beberapa tahap yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa bakteri *P. fluorescens* PPAH Mekar Sari memiliki hasil uji yang tidak sesuai dengan kriteria yang seharusnya dimiliki. Bakteri *P. fluorescens* tidak memiliki gram negatif, hasil kenampakan morfologi yang tidak sesuai dan tidak berpendar ketika disinari dengan sinar UV. Bakteri yang *P. polymyxa* PPAH Mitra Tani juga menunjukkan hasil uji yang tidak sesuai pada bentuk morfologi dan bentuk sel yang seharusnya dimiliki dalam kriterianya. Sedangkan *P. polymyxa* menunjukkan bentuk morfologi dan sel yang sesuai dengan kriteria yang sebenarnya namun, PPAH Mekar Sari tidak memiliki label pada kemasannya sehingga dikategorikan pada produk yang tidak sesuai dengan label. Dari hasil uji kesesuaian terdapat bakteri yang sesuai dengan label

kemasan yaitu *Corynebacterium* sp. yang dimiliki PPAH Hidup Lestari dan Alam Lestari.

#### 4.2.2 Hasil Uji Kerapatan dan Viabilitas Produk Agens Hayati

Kerapatan dan viabilitas mikroba merupakan salah satu indikator penentuan mutu produk agens hayati. Perhitungan kerapatan dilakukan pada sampel produk jamur dan bakteri. Sedangkan viabilitas dilakukan pada sampel jamur saja.

##### Kerapatan Jamur Produk Agens Hayati

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan alat *haemocytometer* dan menghitung spora/ konidia yang terlihat, kemudian dimasukkan ke dalam rumus akan mengetahui kerapatan spora yang dimiliki sampel jamur (Tabel 9).

Tabel 9. Kerapatan Spora Jamur Produk Agens Hayati

PPAH	Sampel	Spora/ml
Hidup Lestari	<i>Trichoderma sp.</i>	$7,52 \times 10^5$
	<i>L. lecanii</i>	$1,11 \times 10^7$
	<i>Beauveria bassiana</i>	$8,85 \times 10^6$

Perhitungan kerapatan spora menghasilkan sebanyak 33% sampel produk jamur agens hayati memiliki kerapatan spora  $10^7$  spora/ml yang memenuhi standar mikroba sebagai agens hayati. Sesuai dengan pernyataan dari Baehaki dan Noviyanti *et al* (2001) bahwa kerapatan konidia  $10^7$  spora/ml sudah mampu mengendalikan serangga ordo Lepidoptera. Kerapatan konidia bukan merupakan indikator penentu mutu agens hayati. Menurut Prayogo *et al* (2005) tidak hanya kerapatan spora, viabilitas atau persentase daya perkecambahan juga sebagai indikator penentu keberhasilan jamur dalam proses infeksi pada tubuh serangga (Tabel 10).

Tabel 10. Viabilitas Sampel Jamur Produk Agens Hayati

PPAH	Sampel	(%)	Pertumbuhan di Media
Hidup Lestari	<i>Trichoderma sp.</i>	11	Tidak Tumbuh
	<i>L. lecanii</i>	14	Tidak Tumbuh
	<i>Beauveria bassiana</i>	11	Tidak Tumbuh

Persentase viabilitas oleh sampel produk jamur dihasilkan dari pengamatan konidia berkecambah pada masa inkubasi 24-48 jam. Viabilitas yang dimiliki oleh sampel produk jamur sebanyak 100% belum memenuhi standar. Viabilitas (daya kecambah) yang dimiliki oleh sampel produk tergolong sangat rendah di bawah 55%, menurut Ramli (2004) viabilitas spora yang dikatakan baik jika memiliki viabilitas >85-100%, dikatakan sedang jika memiliki viabilitas sebesar >70-85%, dan dikatakan kurang jika memiliki viabilitas sebesar <55-70%. Viabilitas rendah

menjadi kemungkinan tidak tumbuhnya jamur pada media ketika dilakukan penumbuhan kembali untuk mengetahui kenampakan makroskopisnya. Viabilitas yang rendah terjadi karena sampel produk agens hayati yang diuji telah melalui 6 bulan masa simpan yang diketahui dapat menurunkan viabilitasnya (Nasahi, 2010).

### Kerapatan Koloni Bakteri Produk Agens Hayati

**Perhitungan Koloni Bakteri.** Sampel bakteri yang telah sesuai dengan label kemasan produk agens hayati dilakukan perhitungan koloni dengan menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC).

Tabel 11. Kerapatan Koloni Sampel Bakteri Produk Agens Hayati

PPAH	Jenis Bakteri	Koloni pada Pengenceran			TPC (cfu/ml)
		10 <sup>5</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>9</sup>	
Hidup Lestari	<i>Corynebacterium</i>	351	223	32	1,6 x 10 <sup>9</sup>
Alam Lestari	<i>Corynebacterium</i>	328	78	6	3,9 x 10 <sup>7</sup>

Hasil perhitungan di atas menunjukkan kerapatan jumlah koloni yang dimiliki oleh bakteri sebagai agens hayati. Kerapatan koloni yang dimiliki oleh bakteri 50% dari sampel bakteri yang sesuai dengan label kemasan, memenuhi standar sebagai agens hayati yaitu lebih dari 10<sup>8</sup> cfu/ml (Himawan *et al.*, 2015).

#### 4.2.3 Hasil Uji Kontaminasi Bakteri *Salmonella* sp. dan *E. coli*

Hasil pengamatan bakteri patogen manusia *E. coli* dan *Salmonella* sp. ditemukan sampel bakteri dan jamur produk agens hayati yang terkontaminasi.

Tabel 12. Produk Kontaminan dengan Bakteri Patogen Manusia

PPAH	Sampel		Hasil
Hidup Lestari	Jamur	<i>Trichoderma</i> sp.	+
		<i>B. bassiana</i>	-
		<i>L. lecanii</i>	-
Mekar Sari	Bakteri	<i>Corynebacterium</i> sp.	+
	Jamur	<i>Trichoderma</i> sp.	-
		<i>L. lecanii</i>	-
Mitra Tani	Bakteri	<i>P. polymyxa</i>	+
		<i>P. fluorescens</i>	-
	Jamur	<i>L. lecanii</i>	-
Alam Lestari	Jamur	<i>P. polymyxa</i>	-
		<i>Trichoderma</i> sp.	-
		<i>B. bassiana</i>	+
	<i>L. lecanii</i>	-	
	Bakteri	<i>Corynebacterium</i>	-

Keterangan: (+)=Terkontaminasi; (-)=Tidak Terkontaminasi

Hasil pengujian bakteri patogen bagi manusia, sebanyak 29% sampel produk agens hayati yang didapatkan terkontaminasi *E. coli* dan *Salmonella* sp. Sampel yang terkontaminasi dengan bakteri patogen manusia merupakan produk mikroba jamur dan bakteri yang dimiliki oleh tiga PPAH (Tabel 12).

### 4.3 Pembahasan

Kondisi alat produksi agens hayati sudah termasuk kategori cukup baik karena memiliki rangkaian alat fermentor sederhana dengan komponen lengkap. Namun, kondisi tempat produksi, proses produksi, serta kontrol kualitas agens hayati yang dilakukan PPAH di wilayah Madiun tergolong dalam kategori yang kurang baik. Dari hasil observasi dan wawancara disimpulkan bahwa PPAH di Madiun melakukan produksi agens hayati dalam keadaan yang tidak steril, dan dengan kemampuan PPAH di Madiun yang sudah cukup paham akan cara memproduksi agens hayati dengan baik, perlu untuk meningkatkan kesterilan dalam setiap proses produksinya. Menurut Rahmawati *et al* (2016) keadaan steril mampu meminimalisasi kontaminasi mikroba lain yang berbahaya bagi tanaman dan pengguna produk agens hayati.

Kontaminasi yang terjadi pada sampel produk agens hayati berpengaruh pada mutu yang dihasilkan. Sebanyak 36% sampel produk sesuai dengan label kemasan, dalam uji kesesuaian ditemukan produk yang 100% terkontaminasi dengan mikroba lain. Menurut Antara (2014) uji kesesuaian kandungan mikroba dengan label kemasan dibutuhkan untuk menjamin suatu produk tidak berbahaya dan layak untuk digunakan. Uji kesesuaian dilakukan dan didukung dengan kegiatan kontrol kualitas sebagai alat evaluasi dalam menghasilkan mutu produk agens hayati yang baik.

Dalam kegiatan kontrol kualitas, PPAH Madiun termasuk dalam kategori yang jarang melakukan uji mutu. Uji mutu di laboratorium menghasilkan kerapatan jamur sampai dengan  $10^7$  spora/ ml dan bakteri  $10^9$  koloni/ ml yang termasuk kriteria mikroba sebagai agens hayati. Namun, uji viabilitas spora tidak menunjukkan hasil sebaik kerapatan. Sebanyak 100% sampel produk jamur agens hayati memiliki viabilitas kurang dari 55%, menurut Ramli (2004) tergolong sangat rendah dan kemungkinan tidak efektif dalam mengendalikan OPT.

Viabilitas sampel produk jamur agens hayati sangat rendah dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti media perbanyakan, lama penyimpanan, dan kondisi lingkungan (Giyono, *et al.*, 2009).

**Media Perbanyakkan** dari keempat PPAH menggunakan perbanyakkan media cair dengan substrat dari air cucian beras dan air kedelai dari limbah pabrik tahu. Dari penelitian yang telah dilakukan media cair untuk perbanyakkan agens hayati yang direkomendasikan adalah media EKG (Ekstrak Kentang Gula) (Majid *et al.*, 2014). PPAH menggunakan media alternatif air leri dan kedelai untuk menekan biaya produksi agens hayati karena harga kentang terlalu mahal. Selain itu, hasil uji mutu di LPHP memiliki kerapatan yang sama dengan menggunakan media kentang yaitu  $10^7$  spora/ml. Penelitian yang dilakukan oleh Khaerani (2013) menunjukkan bahwa limbah pertanian yaitu air tahu dan air kelapa dapat dijadikan sebagai alternatif media formulasi cair bakteri *B. subtilis*. Selain dari media perbanyakkan, lama penyimpanan produk agens hayati dapat menurunkan kemampuan mengendalikan OPT.

**Lama Penyimpanan** merupakan faktor yang mempengaruhi viabilitas dari sampel produk agens hayati. Kualitas inokulasi agens hayati yang telah dikemas menurunkan viabilitas hingga 50% setelah tiga hingga enam bulan masa simpan (Nasahi, 2010). Produk agens hayati yang diuji dalam penelitian ini terhitung memiliki empat sampai enam bulan masa simpan, dapat dimungkinkan viabilitas menjadi rendah saat diuji. Lama penyimpanan berpengaruh pada kandungan nutrisi dari media perbanyakkan, semakin lama masa simpan kandungan nutrisi untuk mikroba semakin rendah dan menghambat pertumbuhan sel mikroba hingga timbul kontaminasi (Giyono *et al.*, 2009).

Kontaminasi oleh mikroba lain yang terjadi pada produk agens hayati adalah 100% sampel terkontaminasi oleh mikroba lain, dan 29% diantaranya terkontaminasi dengan bakteri patogen manusia, yaitu *E. coli* dan *Salmonella* sp. Bakteri patogen jenis *E. coli* dan *Salmonella* sp. banyak ditemukan pada kebersihan lingkungan yang tercemar (Lubis, 2015). Kontaminasi bakteri patogen manusia terjadi akibat dari sumber air yang digunakan untuk pengolahan yang telah tercemar, proses pengolahan produk yang belum tepat serta kondisi tempat pengolahan dan penyimpanan yang kurang bersih.

**Sumber Air Pengolahan Produk** sangat penting karena air adalah kebutuhan sehari-hari makhluk hidup, termasuk dalam proses pengolahan. Bakteri patogen manusia yang ditemukan dari sampel produk PPAH dapat ditelusuri kembali dari hasil observasi dan wawancara yang dilakukan bahwa dalam proses produksi, sumber air yang digunakan oleh PPAH bermacam-macam. PPAH Hidup Lestari diketahui menggunakan media air leri (cucian

beras) dengan sumber air yang berasal dari tanah (sumur). PPAH Mekar Sari menggunakan media air kedelai yang didapatkan dari pabrik pengolahan tahu. Kemudian PPAH Alam Lestari menggunakan media air beras seperti yang dilakukan PPAH Hidup Lestari, namun bedanya sumber air yang dimiliki oleh PPAH Alam Lestari dekat dengan kandang hewan ternaknya (sapi dan ayam) serta tempat pembenihan ikan.

Sumber air yang paling utama menjadi penyebab timbulnya bakteri patogen manusia. Sumber air yang telah tercemar dan tidak bersih akibat dari sanitasi atau penyaringan yang dilakukan masih kurang sehingga mendukung keberadaan dari bakteri *E. coli* dan *Salmonella* sp. (Mailia, 2015). Penyebab lain kontaminasi *Salmonella* sp. dan *E. coli* adalah feses baik itu dari hewan ternak maupun manusia yang telah mencemari sumber air untuk proses produksi (Lubis, 2015). Dari pernyataan beberapa peneliti tersebut sumber air merupakan salah satu sumber terjadinya kontaminasi, terutama pada sampel produk PPAH Mekar Sari yang medianya berasal dari air kedelai limbah pabrik dan PPAH Alam Lestari yang sumber airnya dekat dengan ternak.

**Proses Pengolahan Produk** yang dilakukan oleh PPAH yang belum tepat dapat menjadi sumber kontaminasi bakteri patogen manusia. Dalam proses pengolahan khususnya makanan terdapat proses pasteurasi (pemanasan) yang berguna untuk membunuh bakteri yang dapat menjadi patogen (Mailia, 2015). Proses produksi agens hayati juga dilakukan pemanasan media untuk sterilisasi media yang digunakan dari mikroba berbahaya. Dari hasil pemanasan memang benar dapat membunuh bakteri *E. coli* dan *Salmonella* sp. karena kedua bakteri tersebut hanya mampu tumbuh pada suhu optimum 35° - 37°C dan dapat hidup dalam kisaran suhu 10° - 40°C untuk bakteri *E. coli* dan <6,7° atau >46,6°C untuk bakteri *Salmonella* sp. (Lubis, 2015). Penelitian dari Sidik *et. al* (2016) membuktikan bahwa masih terdapat bakteri *E. coli* setelah proses pemanasan dilakukan, dan hal ini diperjelas oleh Berquist (1995 dalam Sidik *et. al*, 2016) yang mengatakan bahwa cemaran bakteri akan sangat rendah ketika mengalami dua proses pemanasan yang dilakukan.

**Kondisi Lingkungan Produksi** sebagai tempat produksi agens hayati merupakan produk mikroba yang pembuatannya dengan proses steril untuk menghindari kontaminasi terjadi dari mikroba tidak diinginkan. Kondisi lingkungan produksi yang dimiliki oleh empat PPAH termasuk kondisi yang kurang baik dalam pengembangan agens hayati. Kondisi yang dimiliki oleh empat PPAH



tergolong kotor jika digunakan sebagai pengembangan mikroba agens hayati. Mikroba sangat rentan terhadap kontaminasi sehingga membutuhkan tempat yang bersih untuk produksi maupun penyimpanan. Tempat produksi yang dimiliki oleh PPAH Hidup Lestari dan Mekar Sari memiliki kondisi yang dekat dengan gudang dan kotor. Kondisi tersebut dapat menimbulkan binatang liar dan mikroorganisme lain yang dapat menjadi sumber kontaminasi seperti pernyataan Suwito (2010) bahwa tempat produksi dan penyimpanan hendaknya jauh dari binatang liar seperti tikus yang bebas berkeliaran dan membuang kotorannya sehingga menjadi sumber dari kontaminasi *E. coli* dan *Salmonella* sp.

Kondisi lingkungan tempat produksi dan penyimpanan PPAH Alam Lestari terletak di tempat yang tidak memiliki sekat antara kandang hewan ternak, kolam ikan, serta berada di tempat terbuka. Kondisi seperti ini adalah faktor yang sangat memicu terjadinya kontaminasi dari bakteri patogen manusia *E. coli* dan *Salmonella* sp. Kotoran yang dihasilkan oleh hewan ternak mampu mencemari baik lingkungan dan air yang ada di sekitar hewan ternak tersebut termasuk produk agens hayati yang sangat rentan terhadap kontaminasi dari mikroba lain. kondisi tersebut didukung pernyataan dari Lubis (2015) bahwa sumber kontaminasi dari bakteri *E. coli* dan *Salmonella* sp. merupakan feses yang dihasilkan baik dari hewan ternak maupun manusia serta air yang telah tercemar oleh feses. Alangkah lebih baik jika tempat untuk penyimpanan maupun pembuatan atau produksi produk agens hayati jauh dari lingkungan tercemar, memeriksa kembali bahan baku yang digunakan, serta selalu melakukan kontrol kualitas secara rutin untuk menjamin mutu produk yang diproduksi (Suwito, 2010). Kontaminasi yang terjadi dapat dimungkinkan akibat tidak terdapat SOP yang mengatur secara tertulis di PPAH mengenai kondisi tempat, kondisi alat, kegiatan perbanyakan, serta kontrol kualitas pada produk agens hayati, dibutuhkan pengadaan SOP tertulis di setiap PPAH Madiun.

**Pengadaan SOP** perlu untuk dilakukan oleh setiap PPAH yang ada di Madiun. SOP yang ada dapat membantu PPAH dalam melakukan kegiatan penyediaan produk agens hayati untuk petani. SOP sangat penting dan harus tersedia sebagai dasar untuk evaluasi kegiatan produksi agens hayati yang telah dilakukan, sehingga ketika hasil uji menunjukkan hasil yang kurang baik dapat dievaluasi dengan menggunakan SOP yang mencantumkan tahapan kegiatan produksi agens hayati (Razak, 2012).