

TANTANGAN DALAM MENGURAI BENANG KUSUT PERSUTERAAN ALAM



SITTI NURAENI

**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN**



www.fahatan-unhas.web.id

TANTANGAN DALAM MENGURAI BENANG KUSUT PERSUTERAAN ALAM

Sitti Nuraeni

Penerbit:

Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin



Tantangan Dalam Mengurai Benang Kusut Persuteraan Alam

Penulis

Sitti Nuraeni

Penerbit

Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin

Alamat Redaksi & Editorial

Kampus Tamalanrea, Jl. Perintis Kemerdekaan Km 10. Makassar, 90245
Telp. (0411) 589592, Fax. (0411) 589592

www.unhas.ac.id/fahutan

Hak cipta dilindungi undang-undang
All right reserved

Cetakan I : November 2019

ISBN: ???-???-????-?-?

KATA PENGANTAR DEKAN

Pertama-tama sebagai Dekan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin, terlebih dahulu saya ingin mengajak semua unsur dalam jajaran Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin untuk senantiasa memanjatkan puji dan syukur kepada Allah SWT atas limpahan rahmat-Nya sehingga proses penyusunan Buku Ajar ini akhirnya selesai.

Penyusunan Buku Ajar ini merupakan bentuk kontribusi dalam mendukung proses pembelajaran mata kuliah di Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin khususnya dan diharapkan juga dapat menjadi bahan pembelajaran bagi Fakultas Kehutanan lainnya di luar Universitas Hasanuddin. Buku ini menggambarkan berbagai hal terkait materi pembelajaran matakuliah Sutera Alam, sehingga buku ajar ini secara detail dapat menjadi panduan dalam proses pembelajaran yang sifatnya teoritik maupun aplikatif.

Akhirnya, kami menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada semua pihak atas kerjasama dan dedikasinya untuk penyelesaian penyusunan buku ini. Semoga buku ini memberikan manfaat yang optimal dan menjadi acuan atau referensi dalam pengembangan matakuliah di bidang kehutanan yang dapat mendukung pembangunan kehutanan di Indonesia.

Makassar, Juni 2019

Dekan,

Prof. Dr. Ir. Yusran Jusuf, S.Hut, M.Si, IPU

KATA PENGANTAR

Dalam rangka melaksanakan sistem pembelajaran berbasis *Student Centre Learning* (SCL), maka pengadaan bahan ajar dalam bentuk buku ajar akan sangat membantu pelaksanaan kelancaran proses pembelajaran. Pengadaan buku ajar ini bukan berarti menjadikan sebagai satu-satunya sumber buku wajib yang harus dibaca oleh mahasiswa, namun buku ajar ini diharapkan menjadi acuan untuk dapat memperoleh atau mengakses materi-materi yang berkaitan dengan mata kuliah tersebut.

Sutera Alam merupakan mata kuliah pilihan yang disajikan berdasarkan kurikulum yang berlaku. Berdasarkan hal tersebut maka disusunlah buku ajar ini sebagai acuan untuk mempelajari lebih jauh tentang sutera alam. Dalam cakupan materi tentang sutera alam dalam buku ini masih sangat terbatas, sehingga masih membutuhkan sumber referensi lain yang mengkaji setiap sub pokok bahasan.

Atas terselesaikannya buku ajar ini, penyusun berharap dapat memberikan manfaat bagi pihak membutuhkan dan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan dan khasanah ilmu pengetahuan. Buku ajar ini masih terbuka untuk dikoreksi sehingga setiap saat dapat dilakukan perbaikan-perbaikan atau revisi disesuaikan dengan perkembangan di masyarakat.

Makassar, Oktober 2019

Penyusun,

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR DEKAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
BAB II. POTRET PERSUTERAAN ALAM	4
A. Profil Persuteraan Alam Nasional	4
B. Profil Persuteraan Alam Sulawesi Selatan	5
BAB III. SERIKULTUR DAN TANTANGANNYA.....	12
A. Ketersediaan Bibit Ulatsutera.....	12
B. Sarana Pemeliharaan Ulatsutera Dan Pendampingan Petani.	13
C. Kelembagaan SSC (<i>Silk Solution Centre</i>).....	18
D. Arah Kebijakan Persuteraan alam Nasional	18
E. Harapan Bagi Persuteraan Alam	20
BAB IV. EPIDEMI PENYAKIT ULATSUTERA	22
A. Produktivitas serikultur pasca epidemi penyakit pebrin	24
B. Penyakit Pebrin	25
I. Gejala Penyakit Pebrin.....	25
II. Deskripsi Penyebab Penyakit Pebrin.....	26
III. Mekanisme infeksi dan siklus hidup <i>Nosema bombycis</i>	27
IV. Sertifikasi Telur Ulatsutera Bebas Penyakit Pebrin.....	28
C. Penyakit Nuclearpolyhedrosis Virus (NPV).....	30
I. Gejala Penyakit.....	30
II. Deskripsi Nuclearpolyhedrosis Virus pada Ulatsutera.....	31
III. Mekanisme infeksi dan siklus hidup <i>BmNPV</i>	32
D. Patogenitas, Virulensi dan Infektivitas Patogen terhadap <i>Bombyx mori</i> L ...	33
E. Ketahanan Ulatsutera.....	35
F. Hubungan Penyakit dengan Faktor Klimat.....	36
G. Deteksi Penyakit Ulatsutera.....	38
I. Deteksi Patogen Pebrin dan NPV	38
II. Deteksi dengan Teknik Molekuler <i>Polymerase Chain Reaction</i> (PCR)	38
DAFTAR PUSTAKA	41

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kegiatan Persuteraan Alam pada Setiap Kabupaten / Kota di Sulawesi Selatan tahun 2006 – 2016 (BPA, 2006; BPSKL 2016).	7
Tabel 2. Daerah Industri Pertenunan Kain Sutera Tahun 2006 (BPA, 2006).	9
Tabel 3. Produksi dan Jenis Produk Kain Sutera tahun 2006 (BPA, 2006).	10
Tabel 4. Identifikasi masalah pada setiap segmen pada tiga kabupaten dan produsen telur	14
Tabel 5. Pemeriksaan pebrin secara sampling berdasarkan jumlah induk.	29
Tabel 6. Pemeriksaan pebrin secara sampling berdasarkan jumlah box telur	29
Tabel 7. Penandaan hasil pemeriksaan jumlah spora <i>N. bombycis</i>	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Rantai nilai dan struktur persuteraan alam di Cina (Hui, 2010)	2
Gambar 2.	Nilai tambah produk sutera nasional (Zulkarnain, 2010)	4
Gambar 3.	Produksi kokon dan benang sutera mentah (raw silk) nasional dari tahun 1984 – 2012 (BPA, 2013).....	5
Gambar 4.	Produksi benang sutera mentah nasional dan produksi beberapa provinsi di Sulawesi (BPSKL 2016).....	6
Gambar 5.	Kegiatan Persuteraan Alam Sulawesi Selatan (BPA, 2006; BPSKL 2016).....	8
Gambar 6.	Umumnya kondisi ruang peralatan pemeliharaan petani (kiri), dan rak pemeliharaan yang tidak higienis untuk pemeliharaan ulatsutera	18
Gambar 7.	Skema kondisi dan arah kebijakan baru bagi persuteraan alam nasional.....	21
Gambar 8.	Produksi benang sutera mentah dan persentase kejadian penyakit pebrin.....	25
Gambar 9.	Struktur spora <i>N. bombycis</i> . a, Sketsa spora dengan kumparan filament polarnya (Franzen, 2008). b, Hasil foto TEM (Franzen, 2008). c, Organel dalam (Jian-Yang, 2007).....	27
Gambar 10.	Skema siklus hidup <i>N. bombycis</i> ; 1-4a: spora berkecambah; 4b-7: planot; 8-13: meront; 14-16: pembentukan spora (Japan Overseas Cooperation Volunteers, 1975).....	28
Gambar 11.	Ilustrasi <i>Bombyx mori</i> Nuclearpolyhedrosis Virus (Au et al., 2013).	31
Gambar 12.	Mekanisme infeksi BmNPV. Occlusion bodies masuk ke dalam midgut, Virion diproduksi dan akhirnya sel mati melepaskan ODV (D) (Rohrmann, 2008)	32

BAB I. PENDAHULUAN

Serat sutera berasal dari kokon yang dijalin oleh serangga ulatsutera (*Bombyx mori* L). Beberapa butir kokon yang ditarik serat sutera disatukan menjadi benang sebagai bahan baku industri tekstil. Selain diolah jadi benang, serat sutera diolah untuk kebutuhan militer seperti rompi anti peluru, kebutuhan kedokteran seperti benang jahit operasi, dan serat nano pengganti jaringan manusia (*tissue engineering*). Penelitian Cappelletti (2013), serat sutera saat ini dikembangkan untuk *bioleg* (pengganti jaringan tendon dan ligamen), *viscosilk* (pengganti jaringan pembuluh darah) dan *windpipe* (penganti jaringan tenggorokan atau sistem trakea). Persuteraan alam juga dapat menghasilkan berbagai macam produk seperti minuman, obat-obatan dan kosmetik. Produk makanan dan obat-obatan dari larva, pupa dan kokon ulatsutera. Tong *et al.* (2011), tepung ulatsutera kaya protein, asam amino, 12 vitamin esensial, 9 mineral dan 12 asam lemak dapat dijadikan makanan pada lingkungan yang ekstrim dan/atau tanpa agro-ekosistem, seperti di daerah kutub, pangkalan militer yang terisolasi, kapal, kapal selam, dan bagi astronot.

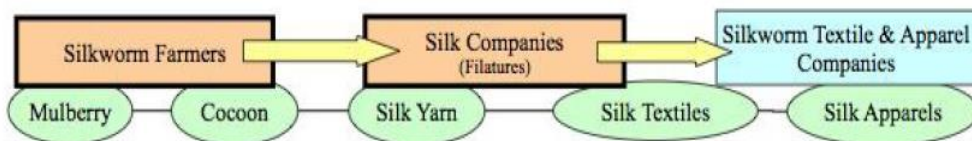
Sutera alam merupakan salah satu komoditas *Non-timber forest products* (NTFPs) atau komoditas unggulan hasil hutan bukan kayu (HHBK) sesuai Permenhut No. 19/Menhut-II/2009. Pengembangan komoditas sutera alam dianggap mampu membuka lapangan kerja, memperbaiki lahan kritis, meningkatkan pendapatan masyarakat, karena sifatnya yang padat karya, sifat tanaman murbei yang mampu tumbuh pada lahan kritis, dan masa pemeliharaan ulat sutera sampai menghasilkan kokon yang bisa dijual yang relatif pendek. Dalam bidang kehutanan, pengembangan komoditas sutera alam merupakan salah satu kegiatan perhutanan sosial (*social forestry*) yang bertujuan memberikan alternatif lapangan kerja, pendapatan kepada masyarakat pedesaan di sekitar hutan agar mereka tidak masuk ke dalam hutan yang bisa menyebabkan terjadinya kerusakan hutan.

Usaha persuteraan alam merupakan usaha dengan sederetan rangkaian kegiatan yang dimulai dari budidaya murbei (morikultur) dan pemeliharaan ulatsutera (serikultur) yang disebut segmen hulu. Kegiatan penarikan serat sutera dari kokon hasil pemeliharaan atau proses pemintalan dan pengolahan benang siap pakai (filatur) dan selanjutnya sampai pada industri tenun dan berbagai turunannya (manufaktur) disebut segmen hilir. Dari serangkaian kegiatan ini mulai dari hulu ke hilir di dalamnya terlibat berbagai pihak sebagai pemangku kepentingan atau *stakeholder*.

Persuteraan alam menyangkut dua komoditi yang sangat saling terkait, yaitu serangga ulatsutera dan daun pohon murbei sebagai pakan ulatsutera. Menurut Borrer *et al.* (1992); Pang-chuan dan Da-Chuang (1992); Singh dan Saratchandra (2004), ulatsutera posisinya dalam sistematika termasuk Filum Arthropoda, Kelas Insecta, Sub kelas Pterygota, Ordo Lepidoptera, Sub Ordo Ditrysia, Super Famili Bombycoidea, Famili Bombycidae, Genus *Bombyx*, Species *mori* L.. Kole (2011), murbei masuk dalam Kerajaan Plantae, Kelas Magnoliopsida, Ordo Rosales, famili Moraceae, Tribe Moreae, Genus *Morus*, dan beberapa spesies: *alba* L., *bombycis* Koidz., *indica* L., *latifolia* Poir., *serrata* Roxb., *laevigata* Wall., *multicaulis* Perr., *nigra* L., *cathiana* Hemsl., *rubra* L., *mesozygia* Stapf., *microphylla* Bickl., dan *macroura* Miq..

Usaha persuteraan alam diusahakan sebagai industri rumah tangga yang murah, teknologi sederhana dan cepat mendatangkan hasil sehingga cocok untuk mengembangkan ekonomi di pedesaan. Peluang untuk persuteraan alam sangat menjanjikan untuk dikembangkan. Ada beberapa alasan untuk prospek pengembangan tersebut, yaitu antara lain adalah potensi geografis alam Indonesia sangat mendukung, produk-produk sutera tetap digemari oleh masyarakat lokal dan dunia. Selain itu, usaha ini dapat dikelola masyarakat pedesaan dan menyerap tenaga kerja karena dapat dilakukan oleh siapa saja mulai dari anak-anak, orang tua, laki-laki ataupun perempuan.

Produksi sutera memiliki rantai nilai (*value chain*) dan struktur yang panjang. Hal itu dimulai dari sektor pertanian, industri pemintalan dan pengolahan benang, dan akhirnya perusahaan tekstil dan pakaian. Berbagai produk serikultur seperti kokon, benang sutera, kain sutera dan pakaian sutera. Rantai nilai di Cina dan struktur persuteraan alam diilustrasikan pada Gambar 1 (Hui, 2010). Pengelolaan persuteraan alam di Eropa seperti Negara Swiss memiliki rantai nilai atau rantai suplai yang terintegrasi mulai dari sektor pertanian (produsen kokon) – sektor protoindustri (benang sutera mentah) - sektor industri (pengolahan benang untuk tekstil) - pasar (produk akhir) dan konsumen (*Swiss Silk Producers Association*, 2013).



Gambar 1. Rantai nilai dan struktur persuteraan alam di Cina (Hui, 2010)

Usaha persuteraan alam merupakan usaha dengan sederetan rangkaian kegiatan yang dimulai dari budidaya murbei (morikultur) dan pemeliharaan ulatsutera (serikultur) yang disebut segmen hulu. Kegiatan penarikan serat sutera

dari kokon hasil pemeliharaan atau proses pemintalan dan pengolahan benang siap pakai (filatur) dan selanjutnya sampai pada industri tenun dan berbagai turunannya (manufaktur) disebut segmen hilir (Atmosoedarjo *et al.*, 2000). Usaha agro-industri ini juga tetap menopang perekonomian masyarakat pedesaan yang juga sekaligus mendukung kelestarian budaya masyarakat terutama di Sulawesi Selatan 80 % merupakan basis persuteraan alam nasional (Disperindag Sulsel, 2006). Sutera alam merupakan salah satu dari enam produk hasil hutan bukan kayu (HHBK) unggulan nasional (Direktur Bina Perhutanan Sosial, 2010).

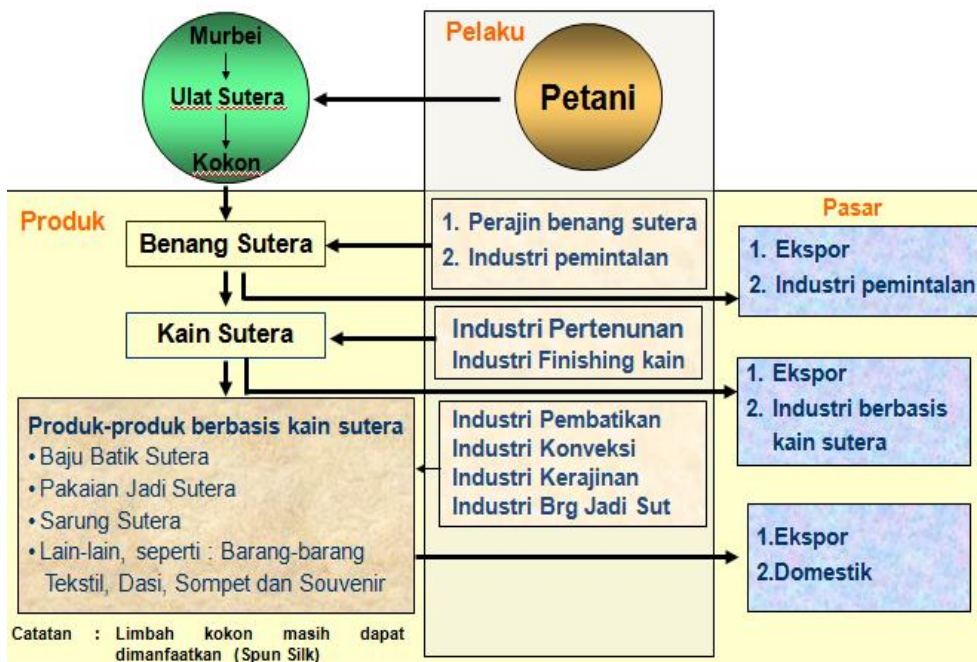
Agro-industri sutera alam potensial untuk dikembangkan sebagai industri andalan karena memiliki keunggulan antara lain (1) bahan baku berbasis pada sumber daya alam dalam negeri, (2) produk sutera berpotensi menjadi komoditi andalan ekspor dan peluang pasar dalam negeri sangat besar, (3) banyak menyerap tenaga kerja, (4) sangat dekat dengan usaha masyarakat menengah ke bawah, (5) menggunakan teknologi sederhana, (6) mempunyai keterkaitan yang luas dengan sektor ekonomi yang lainnya, (7) penyebaran usaha sutera alam Indonesia cukup luas dan (8) pemerintah mendukung pengembangan industri sutera alam melalui kebijakan dan program (Tarigan *et al.*, 2008).

BAB II. POTRET PERSUTERAAN ALAM

A. Profil Persuteraan Alam Nasional

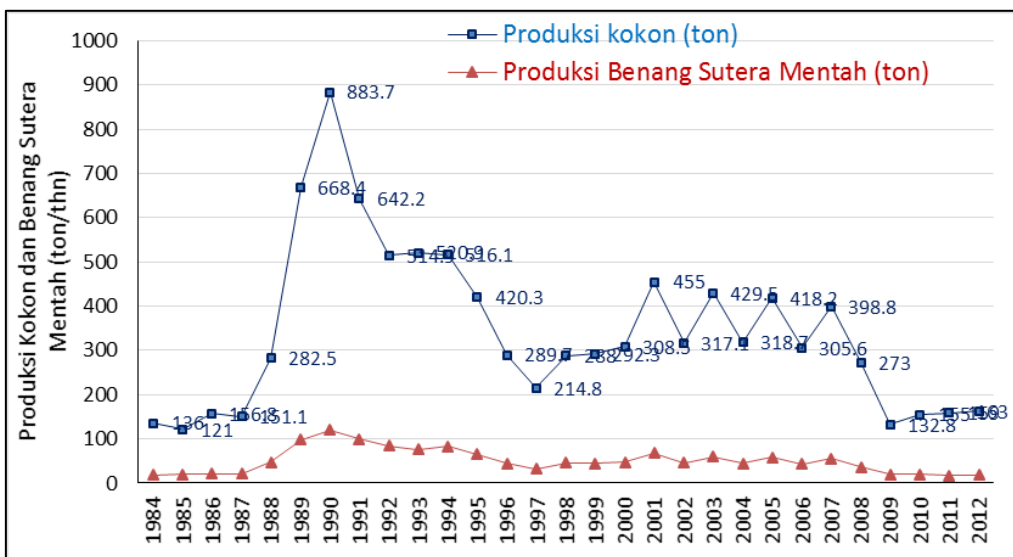
Usaha industri sutera alam telah lama digeluti oleh masyarakat dengan skala usaha kecil/menengah dan memiliki mata rantai proses produksi yang panjang serta merupakan usaha yang membutuhkan modal kerja yang besar. Berbagai upaya yang telah dilakukan dan kebijakan yang dikeluarkan oleh pemerintah seperti Peraturan Bersama tiga menteri, yaitu Kementerian Kehutanan, Kementerian Perindustrian dan Kementerian Koperasi dan Usaha Kecil dan Menengah tentang pengembangan persuteraan alam melalui pendekatan klaster (Zulkarnain, 2007). Nilai tambah atau rantai nilai produk sutera dan pelaku usaha yang terkait mulai dari persiapan, pengadaan kokon hingga diolah menjadi benang sutera dan kain sutera serta produk jadi lainnya sebagaimana dalam Gambar 2 (Zulkarnain, 2010).

Data persuteraan alam Indonesia tidak tercatat khusus namun tergabung pada beberapa negara yang kontribusinya hanya 0,4 % dari produksi sutera dunia (Dun dan Bradstreet, 2010). Potensi sutera alam Indonesia sampai akhir tahun 2012 menunjukkan luas lahan murbei yang produktif seluas 2.203 ha yang melibatkan 3.401 Kepala Keluarga dengan produksi benang sutera (*raw silk*) sebanyak 19.050 kg dari 163.119 kg kokon segar dari 15.483 boks telur F1.



Gambar 2. Nilai tambah produk sutera nasional (Zulkarnain, 2010)

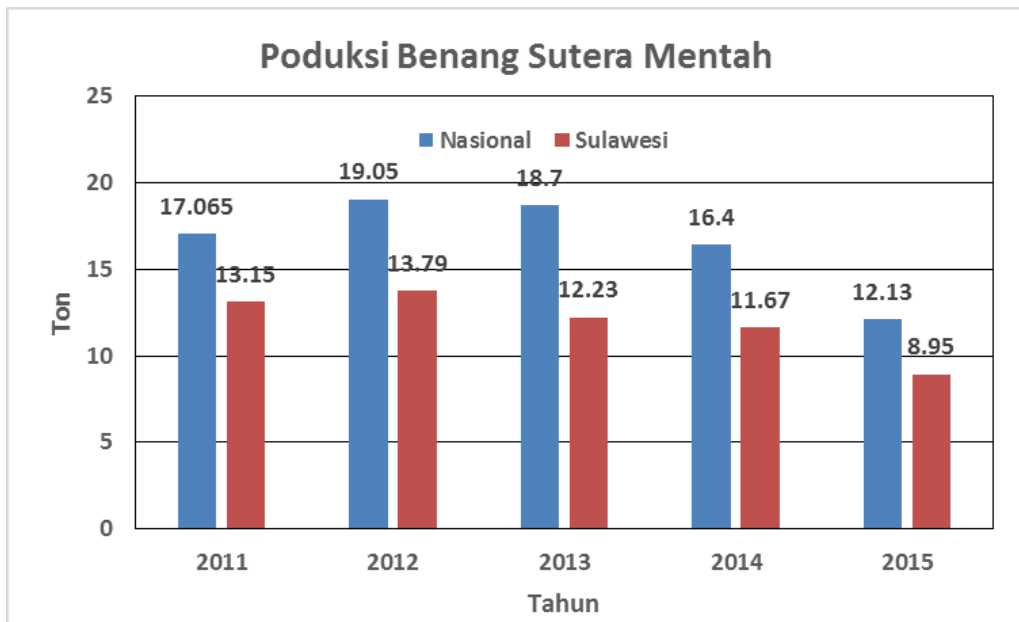
Perkembangan persuteraan alam nasional mengalami pasang surut setelah masa puncak produksinya pada tahun 1971 dengan produksi benang 140 ton. Namun kegiatan ini semakin menurun karena wabah penyakit pebrin pada sentra produksi terbesar saat itu yakni Kabupaten Soppeng sehingga produksinya terus menurun hingga 20 ton pada tahun 1973 (Moerdoko, 1995; Dephut RI, 2008). Pada tahun 1990 produksi kokon mencapai 883,7 ton yang sebagian besar di ekspor ke Korea dan produksi benang 120 ton. Produksi selanjutnya terus mengalami penurunan sampai pada tahun 1997 harga kokon dan benang semakin anjlok. Pada tahun 2000-an produksi mengalami fluktuasi sampai akhirnya diidentifikasi kembali terjadi serangan penyakit dimulai pada tahun 2007 (BPA, 2013). Gambaran produksi kokon dan benang sutera nasional selama hampir tiga puluh tahun terakhir dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Produksi kokon dan benang sutera mentah (raw silk) nasional dari tahun 1984 – 2012 (BPA, 2013).

B. Profil Persuteraan Alam Sulawesi Selatan

Persuteraan alam Sulawesi Selatan memberikan kontribusi 80 % dari total produk sutera nasional. Kegiatan persuteraan alam di Sulawesi Selatan telah dilakukan secara terintegrasi dari mulai budidaya murbei, pemeliharaan ulatsutera, pemintalan benang, pertentunan dan industri pakaian jadi. Masyarakat Sulawesi Selatan memiliki budaya yang sangat kental dengan persuteraan alam dan telah menjadi sumber pendapatan yang dapat diandalkan. Besarnya kontribusi persuteraan alam Sulawesi Selatan dapat dilihat dari perbandingan produksi kokon dan benang sutera seperti yang diilustrasikan pada Gambar 4.



Gambar 4. *Produksi benang sutera mentah nasional dan produksi beberapa provinsi di Sulawesi (BPSKL 2016).*

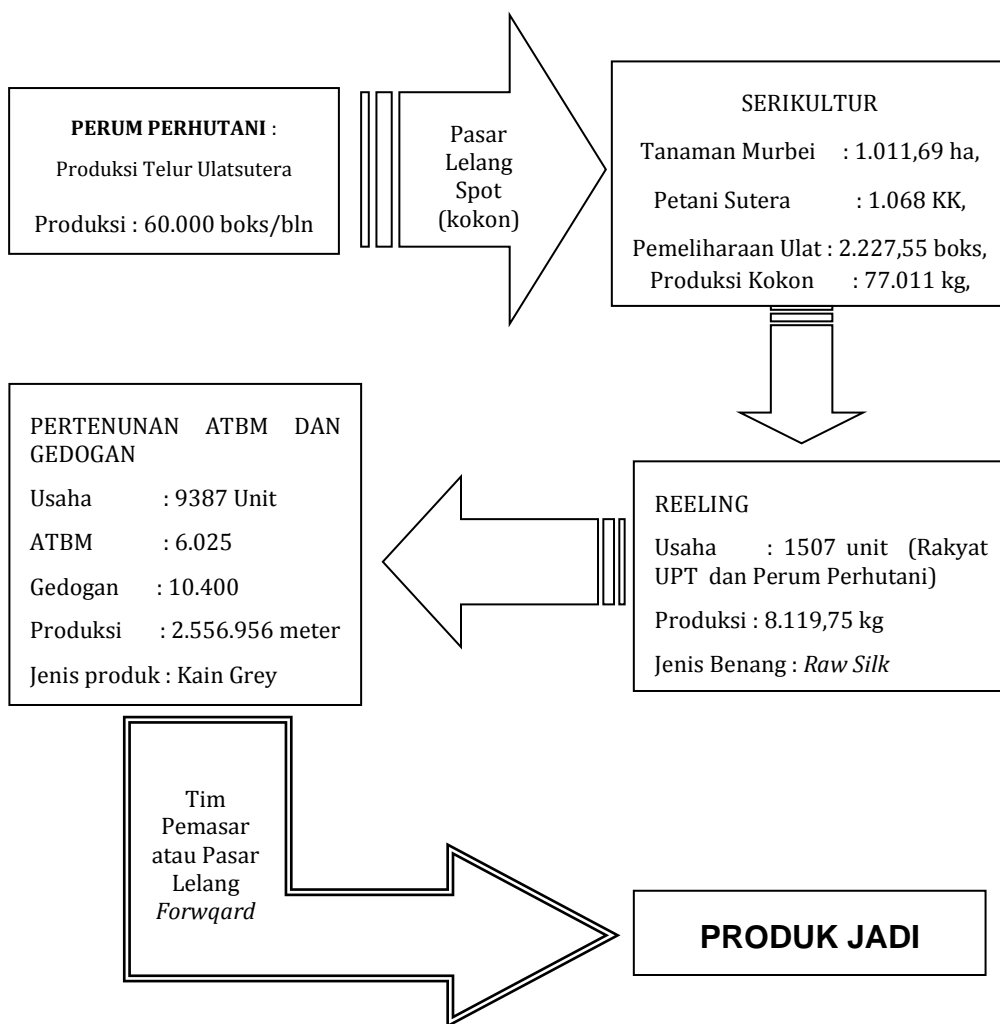
Potensi pengembangan persuteraan alam di Sulawesi Selatan (Sulsel) berkembang pada 14 kabupaten sebagai penyedia pakan daun murbei. Pengembangan sutera mulai dari hulu hingga hilir hanya pada beberapa kabupaten, yaitu diantaranya adalah Maros, Sinjai, Soppeng, Enrekang, dan Wajo (Tabel 1). Besarnya volume produksi benang sutera mentah nasional dipengaruhi langsung oleh produksi Sulawesi Selatan. Kebutuhan benang sutera nasional setiap tahunnya 500 sampai 800 ton (BPA, 2013).

Tabel 1. Kegiatan Persuteraan Alam pada Setiap Kabupaten / Kota di Sulawesi Selatan tahun 2006 – 2016 (BPA, 2006; BPSKL 2016).

No	Kabupaten	Luas Kebun (ha)		Jumlah Petani (KK)		Produksi Kokon (kg)		Produksi Benang (kg)	
		2006	2016	2006	2016	2006	2016	2006	2016
1	Barru	23	25,75	42	56	302,00	1.596	43	168,75
2	Bone	5	14,00	14	10	-	-	-	-
3	Enrekang	576	230,94	1.372	395	195.811,00	19.815	28,481	2.096,50
4	Gowa	27	93,25	35	-	2.710,00	2.960	260	310,50
5	Maros	13	11,00	26	33	129,00	2.826	14	292,00
6	Sidrap	35	6,75	76	21	1.036,00	-	130	-
7	Sinjai	46	130,00	62	165	483,00	1.540	68	161,00
8	Soppeng	426	147,00	625	120	49.689,25	21.771	6.782	2.290,00
9	Tana Toraja	69	108,65	192	21	7.620,00	-	1.018	-
10	Wajo	209	91,35	209	152	45.843,00	21.748	6.389	2.299,00
11.	Luwu Timur	-	106,00	-	39	-	4.755	-	-
12.	Toraja Utara	-	22,00	-	56	-	-	-	-
13.	Bulukumba	-	13,50	-	-	-	-	-	-
14.	Takalar	-	2,00	-	-	-	-	-	-
Jumlah		1.429	1.011,69	2.817	1.068	303.623,25	77.011	43.165	8.119,75

Ket: - tidak ada data.

Sarana produksi persuteraan alam di Sulawesi Selatan terintegrasi yang dimulai dari produsen telur yang dikelola oleh PERUM PERHUTANI TAJUNCU Kabupaten Soppeng yang memiliki kapasitas produksi telur 60.000 boks setiap bulan. Dari kapasitas tersebut, petani Sulawesi Selatan pada tahun 2006 penyerap telur 11.424,26 boks/tahun untuk dipelihara oleh 2.817 KK petani menjadi dengan luas kebun murbei 1.429 ha dan menghasilkan kokon 303.623,25 kg. Selang sepuluh tahun berikutnya, yaitu pada tahun 2016 penyerapan telur ulatsutera menurun menjadi 2.227,55 oleh petani pemelihara 1.068 KK dengan luas kebun murbei 1.011,69 ha dengan demikian produksi kokon pun menurun menjadi 77.011 kg. Kegiatan persuteraan alam secara umum dapat dilihat pada bagan alir berikut (Gambar 5).



Gambar 5. Kegiatan Persuteraan Alam Sulawesi Selatan (BPA, 2006; BPSKL 2016).

Kegiatan reeling benang sutera dilakukan di delapan kabupaten yang melibatkan 1.507 unit usaha, baik Reeling Masyarakat, UPT Tekstil maupun PERUM PERHUTANI sendiri. Dari produksi kokon petani 303.623,25 kg menghasilkan 43.165 kg benang raw silk. Benang raw silk sebanyak itu tidak dapat langsung ditenun, karena harus digintir (*twist*) terlebih dahulu. Unit usaha penggintiran benang *raw silk* di Sulawesi Selatan sangat terbatas, saat ini hanya dimiliki oleh UPT Sutera Alam. Namun belum mampu memproses benang *raw silk* seluruhnya, sehingga benang tersebut sering di-*twist* diluar Sulawesi Selatan, seperti di PERUM PERHUTANI Regaloh Pati Jawa Tengah. Industri kecil pertenunan sutera di Sulawesi Selatan ada 9.387 unit terdiri atas 6.025 ATBM dan 10.400 gedogan. Produksi kain dari usaha pertenunan Sulawesi Selatan sebanyak 2.556.956 meter (Andikarya, 2007).

Daerah pertenunan kain sutera di Sulawesi Selatan terdapat di 14 kabupaten/kota, yaitu Bantaeng, Barru, Bone, Bulukumba, Gowa, Jeneponto, Makassar, Pangkep, Pinrang, Sidrap, Soppeng, Tana Toraja, Takalar dan Wajo. Usaha yang bergerak dalam pertenunan kain sutera sebanyak 9.387 unit dengan 16.388 tenaga kerja. Mesin/ peralatan yang ada 16.425 unit, terdiri atas ATBM 6.025 unit dan gedogan 10.400 unit.

Tabel 2. Daerah Industri Pertenunan Kain Sutera Tahun 2006 (BPA, 2006).

No	Kabupaten	Unit Usaha (Unit)	Tenaga Kerja (Orang)	Peralatan (unit)		
				Atbm	Gedogan	Jumlah
1	Bantaeng	208	303	0	215	215
2	Barru	9	35	0	10	10
3	Bone	635	1.291	374	796	1.169
4	Bulukumba	680	1.278	20	796	816
5	Gowa	185	253	20	246	266
6	Jeneponto	352	352	0	352	352
7	Makassar	1	32	10	0	10
8	Pangkep	13	54	0	13	13
9	Pinrang	439	746	5	545	550
10	Sidrap	1.274	2.228	20	1.493	1.513

11	Soppeng	48	138	50	48	98
12	Takalar	334	538	3	334	337
13	Tana Toraja	1	5	4	0	4
14	Wajo	5.208	9.133	5.519	5.553	11.072
	Jumlah	9.387	16.388	6.025	10.400	16.425

Produksi alat tenun gedogan berupa sarung sutera. Untuk menghasilkan 1 (satu) lembar sarung diperlukan proses pembuatannya antara 15-30 hari. Sedangkan ATBM (Alat Tenun Bukan Mesin) memproduksi kain sutera polos/grey untuk bahan batik, kain polos berwarna, kain motif ikat pakan. Produksi ATBM memiliki lebar kain 110 cm dengan waktu produksi 2 meter per hari untuk motif ikat dan 4 meter per hari untuk kain polos.

Tabel 3. Produksi dan Jenis Produk Kain Sutera tahun 2006 (BPA, 2006).

No	Kabupaten	Produksi Kain (meter)	Bahan Baku (Kg)	Jenis Produksi
1	Bantaeng	8.880	537,50	Sarung
2	Barru	760	47,50	Sarung
3	Bone	72.000	1.493,75	Sarung dan Kain
4	Bulukumba	29.880	1.992,50	Sarung dan Kain
5	Gowa	8.836	571,00	Sarung dan Kain
6	Jeneponto	13.440	840,00	Sarung
7	Makassar	4.000	400,00	Sarung
8	Pangkep	130	8,00	Kain
9	Pinrang	8.250	515,25	Sarung dan Kain
10	Sidrap	37.360	2.366,25	Sarung
11	Soppeng	10.920	720	Sarung dan Kain
12	Takalar	6.680	417,50	Sarung dan Kain
13	Tana Toraja	200	10	Kain

14	Wajo	2.355.700	155.380,00	Sarung dan Kain
	Jumlah	2.556.956	165.299,25	

BAB III. SERIKULTUR DAN TANTANGANNYA

Fluktuasi produksi benang sutera mentah secara menyeluruh dipengaruhi secara simultan oleh serangkaian masalah terutama di segmen serikultur (budidaya ulatsutera). Ada beberapa simpul penting yang perlu dicermati, yaitu dimulai dari permasalahan bibit, sarana dan prasarana, pendampingan petani, rantai nilai integrasi persuteraan alam nasional dan kebijakan pemerintah pusat dan daerah.

A. Ketersediaan Bibit Ulatsutera

Dari beberapa produsen bibit yang pernah ada pada tahun 1980an hanya PERUM PERHUTANI Kesatuan Pengusaha Persuteraan Alam (KPSA) Soppeng yang dapat bertahan sampai sekarang. Sudah puluhan tahun produsen ini hanya menghasilkan satu varian bibit F1. Varian bibit F1 tersebut merupakan hasil persilangan Ras Jepang dan Ras China yang keduanya termasuk ras ulatsutera hanya dapat meletakkan telur dua kali dalam setahun atau lebih dikenal ras bivoltin. Bibit F1 yang dihasilkan oleh Perum Perhutani merupakan satu dari beberapa bagian paket teknologi yang dihasilkan dari Proyek kerjasama ATA-72 kerjasama dengan pemerintah Jepang. Paket teknologi yang dibutuhkan bibit F1 yang harus disertakan pada bibit ini adalah sanitasi lingkungan. Setiap kali selesai ulatsutera molting (berganti kulit) harus dibersihkan dan disinfeksi campuran kapur dan kaporit. Pembersihan rak pemeliharaan dilakukan pada setiap instar dan frekwensinya harus lebih sering minimal 3 kali pada instar 3 sampai instar 5. Ras bivoltin sangat cocok dikembangkan pada daerah subtropis atau di daerah yang kondisinya mirip subtropis seperti di Kabupaten Enrekang. Daerah pengembangan persuteraan alam Kabupaten Enrekang berada pada ketinggian 500 - 750 mdpl, suhu harian berkisar 23 - 27 °C dan kelembaban rata-rata 90 %. Sebagai contoh di Kelurahan Kalosi Kecamatan Alla terdapat petani sutera bernama Pak Nurun yang konsisten menerapkan standar operasional pemeliharaan ulatsutera yang benar. Bibit tetap yang digunakan adalah berasal dari Perum Perhutani. Hasil panen kokon pada setiap periode pemeliharaan berkisar 30 - 40 kg/boks. Sanitasi lingkungan dan disinfeksi diterapkan setiap periode pemeliharaan.

Serikultur di Kabupaten Soppeng dan Wajo berada pada ketinggian dibawah 400 mdpl, suhu 27 - 33 °C dan kelembaban 55 - 70 %, kondisi pemeliharaan ini berbeda dari syarat pemeliharaan ras bivoltin. Beberapa negara serikultur di daerah tropis lainnya tetap mempertahankan ras polivoltin atau multivoltinnya sebagai ras yang adaptif kondisi lingkungan setempat dan tahan terhadap

penyakit. Di India komposisi varian bibit hibrid yang dihasilkan untuk petaninya adalah 91,44 % polivoltin dan hanya 8,56 % dari bivoltin (Askar 2013). Di Thailand pernah pula mengalami kegagalan menerapkan ras bivoltin. Namun saat ini Thailand mengembangkan tiga varian bibit hibrid dari persilangan ras bivoltin dengan ras polivoltin lokalnya (testimoni Saikwan Trisunan dari Chul Thai Silk Co., Ltd).

Mutu bibit yang dikeluhkan secara umum oleh petani bukan hanya di daerah Sulawesi Selatan namun juga di daerah lain seperti Jawa Barat. Selain karena faktor genetik (ras bibit yang digunakan), faktor lain adalah standar operasional proses pengadaan bibit yang tidak dilakukan oleh produsen. Telur dihasilkan tanpa melalui proses disinfeksi permukaan telur dengan perendaman 2% formalin selama 15 menit (Harizaanis 2007; Tripathi et al. 2011; Singh et al. 2012). Disinfeksi ini penting untuk mencegah penyakit pebrin dan grasseri (penyakit Nuclearpolyhedrosis Virus atau penyakit nanah). Sehingga inilah yang menjadi penyebab terjadinya ledakan penyakit pebrin dan grasseri pada tahun 2010 dan terus berlanjut sampai 2014 (Nuraeni 2016).

Jalan keluar dari permasalahan mutu bibit ini tidak lain adalah merakit bibit-bibit baru yang sesuai agroklimat iklim tropis. Perakitan bibit ini diharapkan melalui lembaga-lembaga riset yang ada atau kolaborasi diantara lembaga riset tersebut. Bibit yang dihasilkan diharapkan tidak hanya satu varian bibit hibrid F1 tetapi menyediakan varian-varian bibit yang sesuai dengan kebutuhan geografi lokasi pemeliharaan.

B. Sarana Pemeliharaan Ulatsutera Dan Pendampingan Petani.

Sarana Unit Pemeliharaan Ulat Kecil (UPUK) dan/atau ulat besar (UPUB) kondisinya sudah banyak yang rusak dan tidak layak lagi untuk dipakai. Atap bangunan UPUK atau UPUB sudah banyak rusak jika hujan akan kehujanan seperti yang dijumpai di Kabupaten Enrekang. Di Kecamatan Sabbangparu Kabupaten Wajo, pemeliharaan ulatsutera yang dilakukan di bawah kolom rumah tetapi hanya berlantai tanah, jika musim hujan sering banjir. Ada pula pemeliharaan ulatsutera yang dilakukan di bawah kolom rumah atau di dapur yang bercampur dengan kegiatan rumah tangga lain. Kendaraan bermotor dipanaskan di sekitar rak pemeliharaan sehingga polusi suara dan udara tidak dapat dihindarkan yang sangat memengaruhi kuantitas dan kualitas kokon.

Rak-rak pemeliharaan seadanya dari bambo yang dialasi dengan kain sarung yang tidak higienis. Peralatan pengokonan harmonika atau rak susun dari bambo yang sudah puluhan tahun tanpa pernah dicuci dengan larutan kaporit atau dijemur sehingga menjadi sumber inokulum penyakit dari pemeliharaan

sebelumnya. Ruang pemeliharaan UPUK dan UPUB seyogyanya dicat dengan kapur dan disemprot dengan larutan 2 % formalin. Demikian pula sebelum pemberian makan ulat seharusnya cuci tangan dulu dengan larutan kaporit. Keseluruhan kegiatan pemeliharaan secara teknis membutuhkan bimbingan atau pendampingan dari pihak-pihak atau lembaga yang memiliki tugas dan fungsi sebagai penyuluh persuteraan alam.

Tiga kabupaten sentra utama pemeliharaan ulatsutera di Sulsel dengan masing-masing tantangan yang dihadapi. Berikut tantangan yang telah berhasil diidentifikasi sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Identifikasi masalah pada setiap segmen pada tiga kabupaten dan produsen telur

Segmen		Soppeng	Wajo	Enrekang	Produsen Telur
Hulu	Pengamatan				
Kebun murbei	Kondisi luasan	Menurun, banyak dikonversi ke tanaman kakao	Menurun pada petani. Dukungan 25 ha dari KPH Awota	Menurun, banyak dikonversi ke tanaman semusin	Tetap
	Pemeliharaan/ pemupukan	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Frewensi rendah
Pemeliharaan ulatsutera	Jenis Bibit	Dari produsen lokal	Dari produsen lokal	Dari produsen lokal	C103
	Pola pemeliharaan	Mandiri dari telur sampai panen	Mandiri dari telur sampai panen	Mandiri dari telur sampai panen	Mandiri dari telur sampai panen
	Metode pemeliharaan	Rak tanpa sasag	Rak tanpa sasag	Rak tanpa sasag	Rak dan/tanpa sasag
	Disinfeksi	Jarang dilakukan	Tidak dilakukan	Hanya beberapa petani yang melakukan	Disinfeksi telur tidak dilakukan
	Produktivitas kokon per boks	≤ 10 kg	≤ 20 kg	≤ 10 kg	Tidak ada data
	Pasca panen kokon	Dipintal sendiri	Dipintal sendiri	Kokon langsung dijual	Dijadikan bibit
Tantangan produksi	Pebrine disease and grasserie	Muscardine disease and grasserie	Pebrine disease and grasserie	Pebrine disease and	

grasserie					
Hilir					
Industri pemintalan	Sumber kokon	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
Perajin gedogan	Jenis benang	Lebih banyak sintetik	Lebih banyak sintetik	Lebih banyak sintetik	-
	Sumber benang	impor	impor	impor	-
Industri ATBM	Jenis benang	Lebih banyak sintetik	Lebih banyak sintetik	Lebih banyak sintetik	-
	Sumber benang	impor	impor	impor	-
Pendampingan	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	-
Kelembagaan SSC	Tidak berfungsi	Tidak berfungsi	Tidak berfungsi	Tidak berfungsi	Tidak berfungsi

Tantangan dari masing-masing sentra pemeliharaan ulatsutera diuraikan sebagai berikut:

1. Kabupaten Wajo

Petani di daerah ini hampir pada setiap pemeliharaan ulatsutera hanya dapat memperoleh kokon di bawah 20 kg per boks. Pada setiap boks ulatsutera yang dipelihara tidak seluruhnya dapat menghasilkan kokon. Sebagian besar ulat mati sebelum mengokon, bahkan ada gejala yang tidak bisa berganti kulit (molting) yang merupakan gejala penyakit pebrin. Selain penyakit pebrin, nanah juga paling sering menjadi ancaman kegagalan panen.

Kondisi ruang pemeliharaan umumnya jauh dari standar kebersihan, dan bergabung dengan kegiatan-kegiatan rumah tangga selain kegiatan pemeliharaan ulatsutera. Peralatan pemeliharaan dan pengokonan masih menggunakan dari bahan bambu dan kayu yang sudah berumur puluhan tahun yang sudah usang dan sebagian sudah mulai rusak sehingga jauh dari standar peralatan yang higienis. Rendahnya kualitas kokon dan serat tercermin dari rendemen serat yang dihasilkan, yaitu untuk menghasilkan satu kilogram benang mentah membutuhkan 8-10 kg kokon.

Pada segmen hilir, industri pemintalan banyak yang menganggur karena tidak ada bahan baku kokon. Pada tingkat perajin dan saat ini kesulitan mendapatkan bahan baku benang sutera lokal sehingga untuk tetap menjalankan usahanya terpaksa menggunakan bahan sutera dari luar melalui impor. Perajin tenun gedogan bahan baku yang banyak digunakan adalah benang sintetik sedangkan yang menggunakan ATBM selain benang sintetik ada pula yang berusaha

mendapatkan benang sutera impor meskipun harganya jauh lebih mahal. Kisaran harga benang sutera lokal hanya 500.000 – 600.000 rupiah sedangkan untuk benang impor dari Tiongkok sudah mencapai satu juta rupiah.

KPH Awota di Kabupaten Wajo baru memulai berbenah dengan memulai beberapa kegiatan persuteraan alam. Kegiatan pembentukan kelembagaan dan organisasinya. Kegiatan membangun kemitraan dengan pembentukan kelompok tani dan perjanjian kerjasama antara pengelola KPH dengan kelompok tani sutera tersebut. Pembukaan lahan untuk pertanaman murbei dengan pola agroforestry. Luasan yang telah disiapkan untuk agroforestry pengembangan sutera alam adalah 25 ha dengan pola pagar atau pola jalur.

2. Kabupaten Soppeng

Kabupaten Soppeng dikenal sebagai episentrum pertama perkembangan serikultur di Sulawesi Selatan. Perkembangan terakhir pada bulan April 2017 di Kabupaten Soppeng luas kebun murbei yang tersisa 38,65 ha, petani yang masih aktif 72 KK dengan produksi raw silk 237,75 kg sangat jauh berbeda pada tahun 1971 produksi raw silk 90 ton, luas lahan murbei 5500 ha dan jumlah petani 9006 KK (Razak, 2017). Pada tahun 1971 tersebut merupakan puncak produksi raw silk nasional yang pernah ada yaitu 120 ton (Sukardi, 1995) dan Kabupaten Soppeng berkontribusi 75 % dari produksi nasional. Produk sutera menurun drastis menjadi 30 ton pada tahun 1972/1973 awalnya disebabkan karena kemarau yang panjang (Sukardi, 1995) dan epidemi penyakit pebrin (Gitosewojo, 1995; Disperindag Sulsel, 2006). Sampai pada tahun 1990an, usaha ini sangat sulit untuk bangkit karena persaingan dengan komoditi lain terutama kakao, harga kokon dan raw silk menurun. Kelembagaan yang pernah dibentuk seperti SSC (2008) tidak berjalan sesuai harapan. Menurut Razak (2017), saat ini tantangan serikultur Kabupaten Soppeng adalah tidak tersedianya telur ulasutera yang berkualitas, kurangnya penyuluh yang mendampingi petani dalam usaha persuteraan alam, menurunnya animo masyarakat untuk memelihara sutera, kekurangan modal usaha, belum tersedianya sarana dan prasarana pengendalian penyakit dan kesehatan ulat, kurangnya pengetahuan petani dalam memelihara ulasutera yang sesuai dengan petunjuk teknis.

3. Kabupaten Enrekang

Jumlah petani sutera di Kabupaten Enrekang semakin berkurang hanya beberapa yang bertahan banyak beralih ke komoditi lain. Pada awal tahun 2000an, petani di Kabupaten Enrekang menyebar di enam kecamatan dan 16 desa (Sadapotto, 2004). Saat ini petani sutera hanya dapat dijumpai terkonsentrasi di Kecamatan Alla. Sebagian dari petani ada yang masih bertahan memelihara ulasutera dengan kondisi UPUB yang memprihatinkan. Sarana pemeliharaan

ulatsutera dan peralatan pengokonan sederhana sudah puluhan tahun yang terbuat dari bambu sudah mulai lapuk. Pendampingan dan penyuluhan untuk usaha persuteraan alam sudah tidak ada.

Hampir 10 tahun terakhir petani sutera Enrekang banyak yang meninggalkan usaha ini karena sering merugi. Petani biasanya memelihara ulatsutera minimal enam kali dalam setahun. Setiap kali periode pemeliharaan hanya mendapatkan hasil kokon di bawah 5 kg per boks atau bahkan gagal panen karena serangan penyakit ulatsutera. Penyakit yang paling sering menyerang adalah penyakit grasserie dan/atau pebrin. Dibenarkan pula dari hasil obsevasi BPA tahun 2011, bahwa dari 78% larva mati ditemukan, 41,2% terserang penyakit Pebrine; 33,8% karena grasserie; 3% Bakteri (Majid, 2011). Petani gagal panen, tidak akan mendapatkan hasil bahkan mengalami kerugian waktu, tenaga dan pakan. Epidemii penyakit sering terjadi jika menggunakan bibit produksi lokal dari Perum Perhutani. Pada saat impor bibit diizinkan, sebagian petani lebih memilih bibit impor yang tahan terhadap penyakit meskipun harganya lebih mahal. Kerugian petani setiap kali gagal panen tidak akan pernah mendapatkan asuransi dari produsen telur ataupun dari pemerintah setempat. Pihak produsen bibit dan pembina dari Dinas Kehutanan Pemerintah Kabupaten mengklaim penyebab munculnya penyakit karena petani tidak mau mengikuti standar operasional pemeliharaan. Petani tidak melakukan disinfeksi larva dan sanitasi ruang pemeliharaan. Petani memelihara ulatsutera secara asal-asalan tanpa prosedur yang tepat.

Karena petani sering merugi maka sebagian ada yang mencoba beralih ke tanaman hortikultura, sayur-sayuran di antara atau di sela tananam murbeinya yang dipangkas rendah. Dua-tiga tahun pertama, usaha sayur-sayuran lebih menguntungkan daripada usaha sutera. Pola usaha tani sayu-sayuran umumnya intensif menggunakan insektisida. Penggunaan insektisida pada lahan tumpang sari sayur-sayuran dengan tanaman murbei merupakan masalah krusial yang baru bagi petani sutera. Kegagalan pemeliharaan ulatsutera berikutnya adalah karena daun murbei yang dipakai untuk pakan tercemar insektisida yang mematikan ulatsutera pada semua fase/instar.

Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2006 menyatakan bahwa penyuluhan kehutanan dilaksanakan oleh penyuluh kehutanan PNS, penyuluh kehutanan swasta dan penyuluhan kehutanan swadaya. Selanjutnya tertuang dalam Peraturan Menteri Kehutanan Nomor: P.42/Menhut-II/2012 tentang Penyuluh Kehutanan Swasta dan Penyuluh Kehutanan Swadaya Masyarakat. Keberadaan Penyuluh Kehutanan Swadaya Masyarakat (PKSM) yang saat ini berjumlah 4.760 orang menjadi sumberdaya manusia yang sangat potensial bagi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Penyuluhan dan pendampingan petani tentang

bagaimana teknik pemeliharaan ulatsutera yang baik dan benar belum memadai terutama tenaga penyuluh khusus persuteraan alam.



Gambar 6. Umumnya kondisi ruang peralatan pemeliharaan petani (kiri), dan rak pemeliharaan yang tidak higienis untuk pemeliharaan ulatsutera

C. Kelembagaan SSC (*Silk Solution Centre*)

Kelembagaan SSC merupakan amanah implementasi Peraturan Bersama Menteri kehutanan No. P. 47/MENHUT-II/2006, Menteri Perindustrian No. 29/M-IND/PER/6/2006 dan Menteri Negara Koperasi dan Usaha Kecil dan Menengah No. 07/PER/M.KUKM/VI/2006 Tentang Pembinaan dan Pengembangan Persuteraan Alam Nasional dengan Pendekatan Klaster dan Rencana Induk Persuteraan Alam. Rencana Induk Persuteraan Alam menguraikan tujuan untuk mempercepat perkembangan persuteraan alam nasional diperlukan suatu lembaga konsultatif bagi pengusaha persuteraan alam yang dapat mencari jalan keluar terhadap semua permasalahan yang dihadapi oleh masyarakat persuteraan alam Indonesia. Lembaga tersebut adalah *Silk Solution Center*. Pada tingkat kabupaten Lembaga ini pernah dibentuk pada Kabupaten Soppeng, Wajo dan Enrekang, akan tetapi pada tingkat pusat belum pernah terbentuk. Sejak dibentuk lembaga ini pada tingkat kabupaten belum pernah diberdayakan setiap permasalahan yang ada mulai tingkat petani sampai pelaku industri persuteraan alam.

D. Arah Kebijakan Persuteraan alam Nasional

Tugas pokok BPA secara tegas disebutkan pada Keputusan Menteri Kehutanan No. 664/Kpts-II/2002 tentang beberapa hal penyelenggaraan penting persuteraan alam nasional. Awal tahun 2016, balai ini telah berubah menjadi Balai Perhutanan Sosial dan Kemitraan Lingkungan (BPSKL Wilayah Sulawesi)

berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. P.14/Menlhk/Setjen/OTL.0/1/2016. Perubahan BPA menjadi BPSKL hanya tersurat dalam pernyataan lokasi BPSKL di Bili Bili Provinsi Sulawesi Selatan yang merupakan lokasi BPA. Tidak ada pernyataan tegas perubahan BPA menjadi BPSKL demikian pula peralihan tugas pokok dan fungsi BPA. Tugas BPSKL secara gamblang disebutkan pada Pasal 2 dan 3, namun tidak ada khusus tentang persuteraan alam.

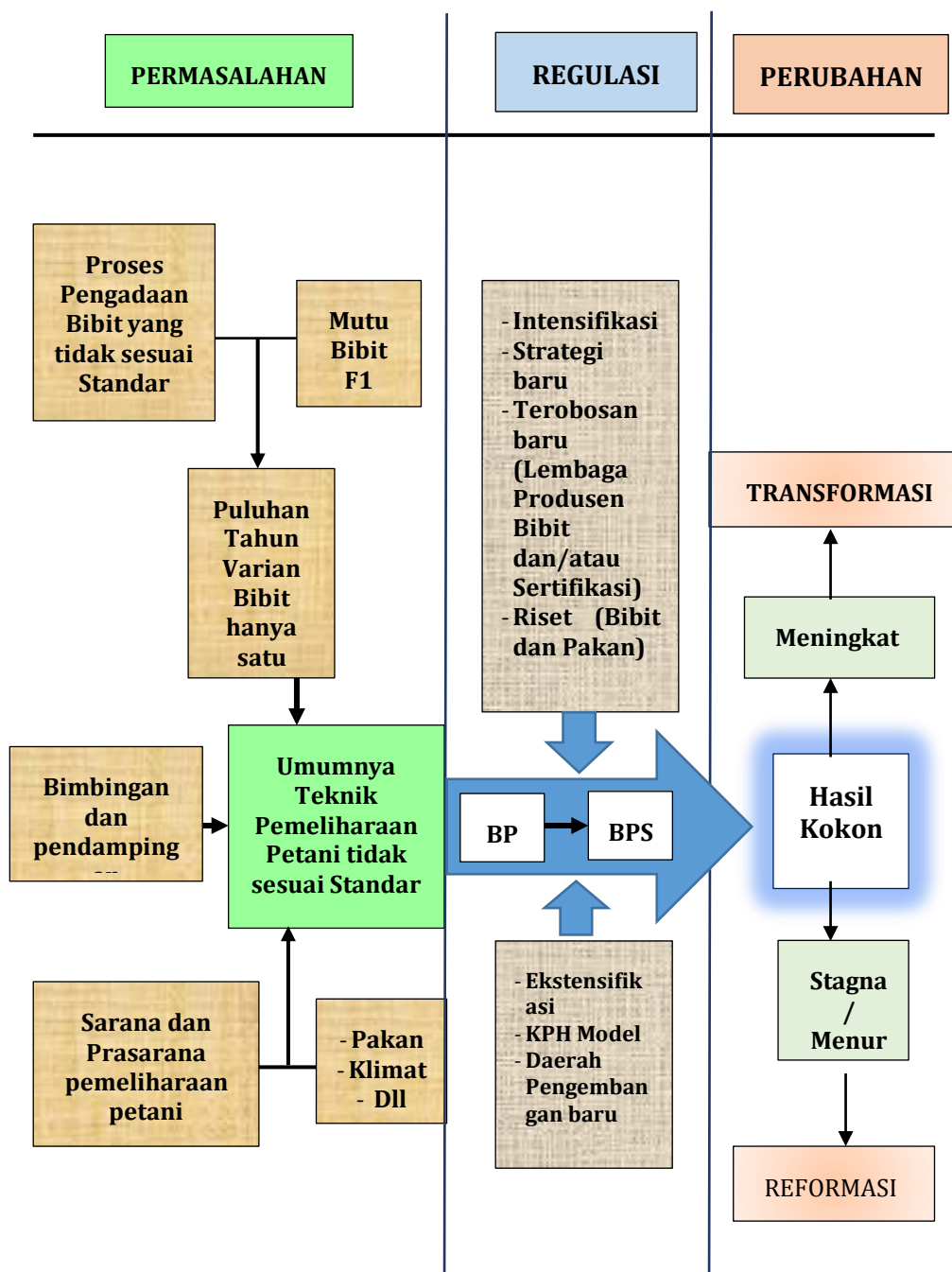
Pelaksana penyusunan rencana pengembangan persuteraan alam, pemeliharaan bibit induk ulatsutera, pengujian mutu, sertifikasi dan akreditasi lembaga sertifikasi telur ulatsutera, serta pengelolaan sistem informasi persuteraan alam sudah tidak jelas secara hukum lembaga yang ditunjuk. Organisasi BPSKL terdiri atas tiga seksi (Seksi penyiapan kawasan dan usaha perhutanan social, Seksi tenurial dan hukum adat, Seksi kemitraan lingkungan) namun tidak ada seksi khusus menangani persuteraan alam. Kalaupun BPSKL melanjutkan tugas dan fungsi pokok BPA, maka curahan perhatian, pemikiran dan waktu tentang persuteraan alam akan berkurang atau terbagi dengan tugas pokok dan fungsi lain.

Menjadi pertanyaan, apakah ada hubungan reorganisasi dan restrukturisasi BPA dengan target produksi HHBK sutera alam nasional tahun 2015-2019? Pada Lampiran Peraturan Menteri lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P.39/Menlhk-setjen/2015 tentang rencana strategis Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2015-2019 pada halaman 45, menyebutkan sasaran strategis adalah persentase produksi HHBK sutera alam dari Hutan Lindung meningkat sampai dengan 15% dari tahun 2014. Jika produksi benang sutera mentah nasional pada tahun 2014 hanya 16,4 ton maka target peningkatan hanya 15% sampai 2019 setara dengan 18.86 ton. Sementara kebutuhan serat sutera nasional berkisar 500-800 ton per tahun. Atau apakah ada pengecualian hanya kegiatan persuteraan alam pada hutan lindung? Akan tetapi jika diselenggarakan di dalam kawasan hutan lindung maka hal tersebut akan bertentangan karena tidak termaktub dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2007 tentang tata hutan dan penyusunan rencana pengelolaan hutan, serta pemanfaatan hutan. Budidaya yang dapat diselenggarakan dalam hutan lindung menurut Pasal 24 PP No. 6 Tahun 2007 ini adalah budidaya tanaman obat, budidaya tanaman hias, budidaya jamur, budidaya lebah, penangkaran satwa liar, rehabilitasi satwa dan budidaya hijauan makanan ternak.

E. Harapan Bagi Persuteraan Alam

Persuteraan alam nasional dapat menjadi penggerak perekonomian masyarakat pedesaan dan masyarakat yang lebih luas. Usaha di bidang ini dapat menjadi penggerak sektor ekonomi domestik karena memiliki rantai nilai (*value chain*) dan struktur yang panjang. Hal itu dimulai dari sektor pertanian, industri pemintalan dan pengolahan benang, dan akhirnya perusahaan tekstil dan pakaian. Pelaku ekonomi domestik produk sutera adalah mulai dari petani penghasil kokon, perajin benang mentah rakyat, industri pemintalan modern, industri pertenunan, industri finishing kain, industri pematikan, industri konveksi, industri kerajinan, industri barang jadi sutera dan turunannya. Melalui sektor ini dapat mewujudkan kemandirian ekonomi dengan menggerakkan sektor-sektor strategis ekonomi domestik merupakan salah satu agenda prioritas dari sembilan nawacita.

Serat sutera merupakan serat mulia yang hanya dapat diperoleh dengan kerja keras dan berasaskan kolaborasi dari seluruh rantai nilai yang dilalui. Persuteraan alam merupakan harta karun yang tak ternilai bagi penggerak perekonomian jika dikelola dengan serius. Melalui pola-pola pengelolaan hutan ditingkat tapak dan pola kemitraan, persuteraan alam dapat lebih cepat membangun perekonomian masyarakat di sekitar hutan dan masyarakat yang lebih luas. Salah satu pola kemitraan adalah melalui KPH Model sutera alam. Pola kemitraan ini merupakan strategi ekstensifikasi persuteraan alam. Untuk sementara ada dua KPH yang telah memulai untuk model persuteraan alam yaitu KPH Model Boalemo dengan luas lahan murbei yang disediakan adalah 50 ha dan KPH Model Awota seluas 25 ha. Harapan bagi pola kemitraan kehutanan lainnya masih terbuka karena untuk mencapai kemandirian persuteraan alam maka dibutuhkan sekitar 5.000 ha pertanaman murbei.



Gambar 7. Skema kondisi dan arah kebijakan baru bagi persuteraan alam nasional.

BAB IV. EPIDEMI PENYAKIT ULATSUTERA

Penyakit ulatsutera telah menjadi salah satu ancaman terbesar yang dihadapi oleh petani sutera (Guo-Ping dan Xi-Jie, 2011). Penyakit ulatsutera merupakan faktor utama dan serius yang memengaruhi produksi kokon (Watanabe, 1986; Potrich, *et al.* 2007). Ada empat kelas atau kelompok penyakit pada persuteraan alam global berdasarkan patogen penyebabnya, yaitu penyakit oleh karena virus, bakteri, jamur dan protozoa (Guo-Ping dan Xi-Jie, 2011). Namun ada di antara penyakit-penyakit tersebut merupakan penyakit serius yang dapat menggagalkan panen kokon pada setiap periode pemeliharaan, yaitu penyakit pebrine dan grasserie atau penyakit Nuclearpolyhedrosis Virus (NPV) (JICA, 1985; Yup-lian, 1991; Etebari, *et al.*, 2007; Hussain dan Buhroo, 2011; Nath, *et al.*, 2012).

Persuteraan alam global mengalami kehilangan hasil kokon lebih dari 50% akibat *BmNPV* (*Bombyx mori* Nuclearpolyhedrosis Virus) (Subbaiah, *et al.*, 2012) atau sekitar 70 – 80 % dari total kehilangan hasil (Yup-lian, 1991; Babu, *et al.*, 2005; Babu, *et al.*, 2009). NPV merupakan salah satu penyakit ulatsutera yang paling merugikan di Asia Tenggara, termasuk Indonesia dan Vietnam. Pada tiap periode pemeliharaan ulatsutera tidak luput dari serangan penyakit tersebut. Intensitas serangan *BmNPV* pada sentra-sentra pemeliharaan ulatsutera di Sulawesi Selatan dapat mencapai 42,5–73,9 % bahkan dapat menggagalkan total produksi kokon yang akan di panen (Anwar, 1985). Di Thailand dilaporkan tingkat serangan penyakit NPV 30-100 % (Kaewwises, 2006).

Penyakit pebrin telah menghancurkan industri persuteraan alam Eropa terutama Perancis dan Italia pada pertengahan abad ke-19 (Franzen, 2008; Yup-lian, 1991; Nath, *et al.*, 2012; Rahmathulla, *et al.*, 2012). Pada tahun 1845 produksi kokon Perancis 26.000 ton turun menjadi 4.000 ton pada tahun 1853, barulah pada tahun 1865 diketahui penyebab kolapsnya industri sutera Perancis dan Italia pada masa itu adalah karena penyakit pebrin (Bhat *et al.*, 2009). Lebih dari 40 % tingkat serangan penyakit pebrin pada induk betina ulatsutera ditemukan Asia Tenggara termasuk Indonesia dan Vietnam (Japan Overseas Cooperation Volunteers, 1975).

Sepanjang sejarah persuteraan alam nasional sudah dua kali mengalami kegagalan produksi sutera nasional yang paling parah, yaitu pada tahun 1972-1973 karena penyakit pebrin (Gitosewojo, 1995; Disperindag Sulsel, 2006) dan yang terakhir tahun 2009-2010. Akibatnya sampai pada akhir tahun 2010 beberapa sentra pemeliharaan melakukan moratorium pemeliharaan ulatsutera seperti di Kabupaten Enrekang, Majalengka, Bogor dan beberapa sentra pemeliharaan di Jawa Barat dikarenakan oleh intensitas serangan penyakit yang sangat berat. Menurut Guo-Ping dan Xi-Jie, (2011), fenomena kegagalan produksi

karena serangan penyakit akan berdampak signifikan terhadap stabilitas serikultur dan juga pada animo masyarakat, sehingga studi tentang patologi ulatsutera dan penelitian terapan menjadi sangat penting.

Beberapa penelitian tentang faktor iklim dan hubungannya dengan perkembangan ulatsutera, kerentanan terhadap penyakit pebrin dan penyakit virus. Namun masih terbatas pada salah satu faktor dan/atau pengamatan pada lokasi tertentu. Jiping *et al.* (2002), mengkaji hubungan prevalensi penyakit pebrin dengan faktor iklim dalam beberapa dekade pada daerah subtropis. Sedangkan Rahmathulla, *et al.* (2012), juga mengkaji hubungan prevalensi penyakit pebrin dengan faktor iklim selama tiga tahun berturut-turut. Belum diketahui dengan pasti hubungan kejadian dan bahkan epidemi penyakit pebrin dengan kondisi iklim dan anomali iklim dalam jangka waktu lebih satu dekade di daerah tropis.

Upaya pengendalian penyakit pebrin dilakukan melalui pemeriksaan induk bebas penyakit sebelum telur atau bibit ulatsutera dilepas ke petani sebagai tindakan preventif. Bibit impor yang didatangkan dari luar juga dilakukan pengujian telur oleh pihak Karantina Pertanian sebelum legal diperdagangkan di dalam negeri juga sebagai upaya preventif dan regulasi. Namun demikian penyakit pebrin ini masih sering ditemukan sampai pada pemeliharaan di petani. Menurut Hatakeyama dan Hayasaka (2003); Rao, *et al.* (2005); Bhat, *et al.* (2009); Hussain dan Buhroo (2011); Jyothi dan Patil, 2011; Bhaskar (2013), patogen pebrin (*Nosema bombycis* Naegeli) dapat pula ditularkan melalui mulut dari daun yang terkontaminasi. Sedangkan upaya pengendalian penyakit NPV sulit dilakukan karena tidak termasuk dalam prosedur pengendalian secara preventif. Penyakit NPV bahkan lebih merugikan petani disebabkan ulatsutera yang sakit, akan terus aktif makan daun murbei. Gejala penyakit NPV baru terlihat setelah larva matang siap mengokon dan segera mati berjatuh sebelum menghasilkan kokon. Petani tidak mendapatkan garansi bibit, kehilangan waktu, tenaga dan daun murbei tanpa mendapatkan hasil kokon.

Deteksi dini merupakan bagian dari upaya tindakan preventif terhadap penyakit-penyakit yang ditularkan melalui bibit. Deteksi dini dapat pula dilakukan pada lingkungan yang menjadi sumber penularan penyakit. Selama ini deteksi dini terhadap penyakit pebrin dilakukan secara manual atau dengan melihat langsung spora-sporanya di bawah mikroskop. Di Indonesia, pemanfaatan teknologi terkini dengan sensititas yang lebih tinggi dan akurat belum pernah dimanfaatkan. Beberapa penelitian yang telah mengembangkan teknik deteksi dini pada patogen ulatsutera yang menggunakan metode molekuler adalah antara lain Moraes dan Maruniak (1997); Sachse (2002); Hatakeyama dan Hayasaka (2003); Didier *et al.* (2004); Khurad *et al.* (2004) dan Ravikumar *et al.* (2011). Hasil-hasil penelitian tersebut saat ini telah dapat digunakan yang mengembangkan metode berbasis

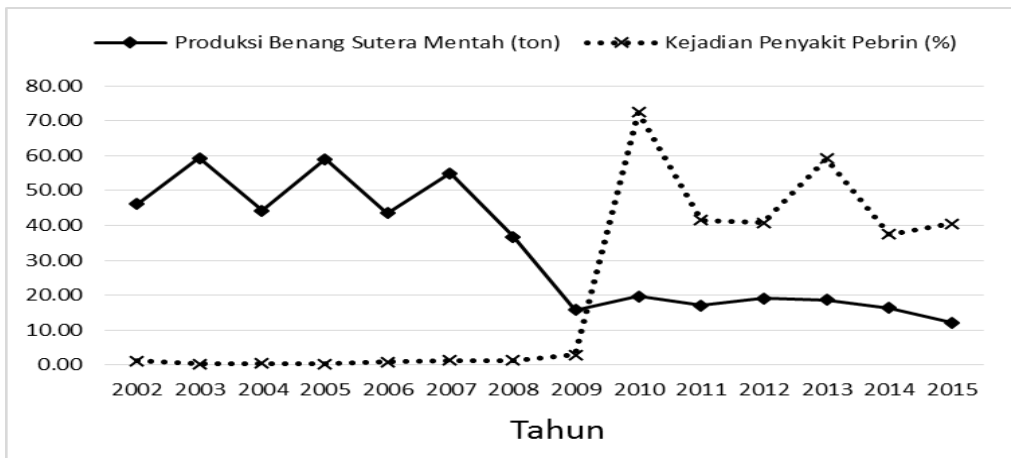
molekuler dengan *polymerase chain reaction* (PCR) menggantikan metode konvensional untuk mendeteksi dini beberapa penyakit ulatsutera termasuk pebrin dan NPV yang tingkat sensitivitas dan akurasi lebih tinggi. Menurut Singh *et al.* (2012), strategi penelitian di masa depan adalah penerapan teknik molekuler untuk diagnosis, diferensiasi spesies, mengembangkan teknik deteksi dini penyakit yang lebih baik, cepat, sistematis dan layak.

Penyakit ulatsutera ada yang mengelompokkan langsung berdasarkan patogen penyebab penyakitnya tetapi ada pula yang mengelompokkan berdasarkan gejala penyakitnya. Menurut Babu *et al.* (2009), kelompok penyakit ulatsutera dibagi atas penyakit parasit dan penyakit busuk lunak. Penyakit pebrin, muskardin dan lalat parasitoid merupakan kelompok penyakit parasit. Sedangkan penyakit NPV dan flacheri adalah termasuk penyakit busuk lunak. Penyakit karena parasit sangat mudah didiagnosa penyebabnya dan kemungkinan pengendaliannya. Penyakit busuk lunak tidak mudah dipahami penyebabnya sehingga menyulitkan dalam pengendalian.

Di antara beberapa penyakit ulatsutera, penyakit NPV yang paling menyebabkan kerugian ekonomi pada petani (Asha *et al.*, 2012). Penyakit NPV merupakan penyakit yang paling merugikan setelah penyakit pebrin di negara tropis (Chakrabarty *et al.*, 2012).

A. Produktivitas serikultur pasca epidemi penyakit pebrin

Produksi benang sutera mentah dan persentase kejadian penyakit pebrin dapat dilihat pada Gambar 8. Pada Gambar 8 menunjukkan bahwa ketika terjadi ledakan penyakit pebrin pada tahun 2010, produksi benang sutera mentah menurun drastis. Produksi tahun-tahun selanjutnya terus menurun dan kejadian penyakit pebrin belum dapat dikendalikan. Pada tahun 2002 – 2008 produksi benang sutera mentah berkisar 37 – 59 ton dengan persentase kejadian penyakit pebrin rata-rata di bawah 3 %. Pada tahun 2009 infeksi penyakit pebrin masih 2,93 % pada tingkat produsen, akan tetapi pada pemeliharaan ulatsutera tingkat petani yang pernah penulis amati langsung, yaitu infeksi penyakit pebrin sudah tinggi bahkan mencapai 100 %. Infeksi penyakit pebrin pada pemeliharaan ulatsutera pada tingkat petani terjadi hampir merata di seluruh daerah sentra pemeliharaan yang mengakibatkan anjloknya produksi sutera nasional turun sampai 66,2 % (dari 56,8 % menjadi 19,2 %).



Gambar 8. Produksi benang sutera mentah dan persentase kejadian penyakit pebrin

Produksi benang sutera mentah nasional dan Sulawesi dapat dilihat pada Gambar 2. Besarnya volume produksi benang sutera mentah nasional nampaknya dipengaruhi oleh produksi lokal beberapa Provinsi di Sulawesi khususnya Sulawesi Selatan. Produksi benang sutera mentah cenderung terus menurun dan kesenjangan antara kebutuhan semakin besar. Kebutuhan benang sutera nasional setiap tahunnya 500 sampai 800 ton (BPA, 2013), sehingga tertinggi hanya 3,8 % saja yang mampu dipenuhi pasca epidemi pebrin pada 2012. Besarnya kesenjangan antara kebutuhan dengan kemampuan produksi ini mengakibatkan dibukanya impor besar-besaran benang sutera asli dan benang sintetis lainnya untuk memenuhi kebutuhan bahan baku industri sutera.

B. Penyakit Pebrin

I. Gejala Penyakit Pebrin.

Gejala awal ulatsutera yang terkena penyakit pebrin adalah selera makannya hilang yang menjadikan pertumbuhan dan ganti kulitnya tidak seragam. Pada larva kecil gejalanya akut tetapi pada larva besar gejalanya kronis (Tajima, 1972). Gejala penyakit Pebrin yang terjadi pada larva instar pertama yang telah terinfeksi pada fase embrio menunjukkan tidak ada rambut tubuh, larva berwarna gelap, dan pertumbuhan lambat. Infeksi berat pada instar pertama akan segera mati. Infeksi instar kedua gejala yang terjadi seperti larva keriput, pada tubuh larva terjadi bercak berwarna karat atau bintik hitam, terutama pada tanduk *caudal* dan *proleg*, larva sulit ganti kulit dan tidak dapat membentuk pupa. Gejala pada pupa gerakannya lebih lambat dan terdapat noda hitam tidak teratur pada dinding tubuh. Gejala pada ngengat, terjadi penundaan muncul/keluarnya dari kokon karena ketidakmampuan untuk menerobos kulit kokon. Sayap yang terbentuk tidak normal dan sisiknya sangat mudah lepas, Gejala pada telur,

bentuknya tidak seragam dan banyak telur yang tidak dibuahi dan telur mati (Yup-lian, 1991). Pupa yang terinfeksi akan gagal bermetamorfosis menjadi dewasa. Jika berhasil jadi ngengat antenanya tidak normal, fekunditas rendah, dan telur diletakkan bertumpuk. Telur yang tidak dibuahi persentasenya tinggi, telur mudah terlepas atau tidak lengket pada kertas telur, bentuk telur tidak seragam (Singh *et al.*, 2012).

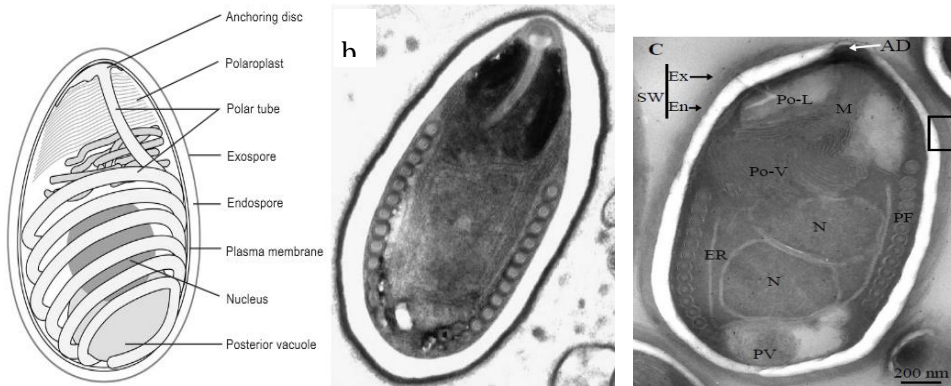
Otopsi larva menunjukkan pustul putih pada permukaan midgut pada 5 hari setelah infeksi (HSI). Pengamatan di bawah mikroskop cahaya dapat mengungkapkan adanya spora. Perbanyak spora berada di tingkat yang lebih cepat pada larva kecil. Infeksi larva besar mengakibatkan kontaminasi pupa dan ngengat. Berat larva, berat kokon dan rasio kulit kokon akan berkurang pasca infeksi meningkat. Sel terinfeksi berat tampak seperti karung diisi dengan parasit pada sel-sel lumen usus. Kemudian pada 8-9 HSI, spora yang berkembang dalam lumen bocor atau tertutup dalam gumpalan sitoplasma. Perubahan histopatologi kerusakan dan waktu produksi spora dipengaruhi oleh dosis spora dan umur larva (Jyothi dan Patil, 2011).

II. Deskripsi Penyebab Penyakit Pebrin

Patogen penyebab penyakit pebrin pertama kali dideskripsikan oleh Nägeli pada tahun 1857 (Solter *et al.*, 2012). Penyebab penyakit pebrin adalah *Nosema bombycis* (Nageli) termasuk Microsporidia (Bhat, *et al.*, 2009). Microsporidia adalah eukariota uniseluler merupakan parasit obligat dari berbagai hewan. Selama bertahun-tahun, microsporidia yang dianggap sebuah cabang awal pohon evolusi eukariotik dan ahli filogenetik awal mendukung hipotesis ini. Saat ini secara konsisten menempatkan microsporidia jauh dari pangkal pohon eukariotik dan menunjukkan adanya hubungan dengan jamur, tetapi sifat dari hubungan mikrosporidia-jamur belum ditentukan (Didier *et al.*, 2004; Gill dan Fast, 2006). Posisi *N. bombycis* dalam taksonomi adalah termasuk dalam Kerajaan Fungi, Filum Microspora, Kelas Microsporea, Ordo Microsporida, Sub-ordo Apanosporoblastina, Famili Nosematidae, Genus *Nosema*, Species *bombycis* (Bhat *et al.*, 2009).

Spora matang bentuknya oval dapat memantulkan cahaya, panjangnya 3,8 μm dan lebarnya 2,0 μm atau perbandingan panjang dan lebarnya 1,9 μm . Spora yang belum matang bentuk dan ukuran bervariasi dan berkilau (Tajima, 1972; Bhat *et al.*, 2009). Spora terdiri atas tiga lapisan membran (dalam, tengah, dan luar), mikropil terletak di ujung anterior, dan di bagian tengah terdapat sporoplasm, berisi empat inti. Pada setiap ujung terdapat vacuola. Salah satu ujungnya terdapat polar filamen dan polar kapsul, filamen kutub berbentuk kumparan (Yup-lian, 1991; Franzen, 2008). Terdapat tiga protein tabung polar disebut sebagai PTP1, PTP2 dan PTP3 yang dimanfaatkan dalam penerapan teknik imunologi dan

molekuler untuk identifikasi fungsi dari tabung polar tersebut (Xu dan Weiss, 2005). Struktur spora *N. bombycis* dapat dilihat pada Gambar 9.



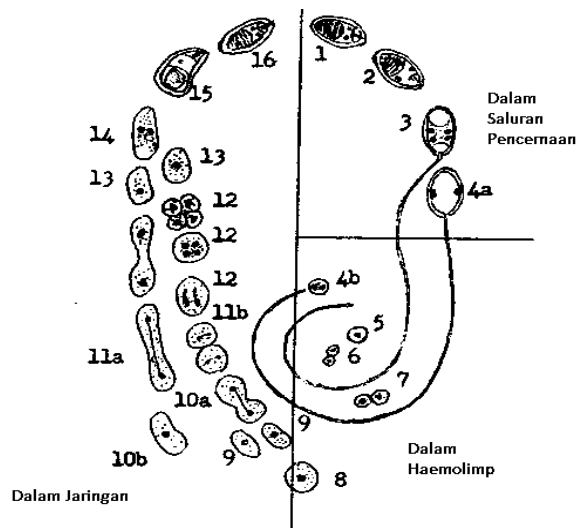
Gambar 9. Struktur spora *N. bombycis*. a, Sketsa spora dengan kumpulan filament polarnya (Franzen, 2008). b, Hasil foto TEM (Franzen, 2008). c, Organel dalam (Jian-Yang, 2007).

III. Mekanisme infeksi dan siklus hidup *Nosema bombycis*.

Ketika spora melekat pada daun murbei dan kemudian tertelan oleh larva ulatsutera, maka spora tersebut segera berkecambah dalam saluran pencernaan. Dua nuclei dari sporoplasma membelah menjadi empat nuclei dan pada saat bersamaan filament polar melakukan penetrasi ke dalam sel organ pencernaan. Diantara empat nuclei dalam sporoplasma tadi, ada dua nuclei keluar dari cangkang spora bersama protoplasma dan dua nuclei lainnya tetap dalam cangkang spora. Dua nuclei yang keluar tadi bersatu berbentuk amuba menyempurnakan perkecambahan. Bentuk amuba inilah yang disebut planot. Planot adalah bentuk subglobular dengan inti dan tanpa membran serta mampu melakukan gerakan amoeboid. Planot hidup sebagai parasit dalam lumen antara sel-sel epitel, masuk ke haemolimp dan menyebar ke seluruh tubuh inang selanjutnya menyerang jaringan dan organ inang. Ketika planot menginfeksi sel inang maka dengan segera membentuk membran. Bentuk ini yang disebut meront dan biasanya terbentuk satu atau dua hari setelah infeksi. Meront dapat berbentuk globular, oval atau silindris dan lebih besar dari planot. Meront tidak hidup pada inti atau dinding sel, atau bergerak dari sel ke sel. Ketika meront mengisi sel dan menempati protoplasma dan bentuknya menjadi memanjang untuk membentuk spora. Pada awal pembentukan spora, meront menyerupai buah pir dan terakhir itu menjadi spora lengkap dengan inti membagi menjadi dua (Japan Overseas Cooperation Volunteers, 1975). Siklus hidup dan habitat *N. bombycis* dapat dilihat pada Gambar 10.

Perkembangan *N. bombycis* meliputi tiga tahap, yaitu, spora, planont dan meront. Spora lebih berat daripada air yang merupakan bentuk pertahanan dari patogen ini di luar jaringan inang yang dibuang melalui feses. Jika spora tertelan oleh larva melalui makanan yang terkontaminasi maka akan berkecambah pada kondisi basa di dalam saluran pencernaan inang. Selanjutnya akan menghasilkan filamen kutub yang panjangnya 500 μm dan lebarnya 0,5 μm atau lebih dari 30 kali lebih panjang dimensi spora (Singh *et al.*, 2012).

Microsporidia memiliki struktur yang unik, sangat terspesialisasi. Pada saat spora terstimulasi lingkungan untuk berkecambah maka tabung kutub yang panjang dengan cepat menembus membran sel spora dan berfungsi sebagai saluran untuk sporoplasm ke bagian dalam sel inang baru. Mekanisme perkecambahan spora, peristiwa awal dimulai pecahnya lapisan kompleks anterior, pemanjangan tabung kutub serta mekanisme perlekatan dan penetrasi ke sel inang (Xu dan Weiss, 2005).



Gambar 10. Skema siklus hidup *N. bombycis*; 1-4a: spora berkecambah; 4b-7: planont; 8-13: meront; 14-16: pembentukan spora (Japan Overseas Cooperation Volunteers, 1975).

IV. Sertifikasi Telur Ulatsutera Bebas Penyakit Pebrin

Sertifikasi merupakan hal yang menjadi persyaratan penting secara global dalam perdagangan bibit ulatsutera. Di Indonesia, aturan sertifikasi telur ulatsutera bebas penyakit pebrin dituangkan dalam Peraturan Direktur Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial Nomor : P.15/V-SET/2008. Uraian pengambilan sampel dalam pemeriksaan patogen pebrin pada indukan ulatsutera

sebagai bahan pembibitan dijelaskan pada Tabel 5 – 7 (Departemen Kehutanan Republik Indonesia (2008).

Tabel 5. Pemeriksaan pebrin secara sampling berdasarkan jumlah induk.

Jumlah Induk	Pemeriksaan Pertama		Pemeriksaan Kedua		
	Jumlah Sampel	Batas Lulus Pemeriksaan (sampel)	Jumlah Sampel	Batas Lulus Pemeriksaan (sampel)	Total Batas Lulus Pemeriksaan (sampel)
s/d 390	semua	1	-	-	1
391 - 500	390	1	-	-	1
501 - 600	450	1	-	-	1
601 - 700	480	1	1	-	1
701 - 800	565	2	105	2	2
801 - 1000	620	2	130	2	2
1.001 - 2.000	755	2	195	2	2
2.001 - 3.000	865	3	500	3	3
3.001 - 4.000	915	4	815	4	4
4.001 - 6.000	955	5	1.140	5	5
6.001 - 10.000	990	6	1.500	6	6
10.001 - 30.000	1.030	6	1.620	6	6
30.001 atau lebih	1.060	6	1.730	6	6

Tabel 6. Pemeriksaan pebrin secara sampling berdasarkan jumlah box telur

No	Jumlah Produksi Telur (box)	Satuan sampel (box)	Jumlah kupu yang diperiksa (ekor)	Batas lulus pemeriksaan (ekor)
1.	s/d 50	1	20	2
2.	51 - 100	2	20	4
3.	101 - 250	5	40	10
4.	251 atau lebih	10	60	20

Tabel 7. Penandaan hasil pemeriksaan jumlah spora *N. bombycis*

No.	Jumlah spora per preparat	Tanda
1.	0	0
2.	≤ 3	±
3.	4 - 10	+

4.	11- 30	++
5.	31 - 100	+++
6.	≥ 100	

C. Penyakit Nuclearpolyhedrosis Virus (NPV)

Penyakit NPV tersebut dikenal sebagai penyakit '*Jaundice*' di Amerika, penyakit '*grasseries*' di Prancis, penyakit '*giallume*' di Italia, penyakit '*gelbsucht*' atau '*fettsucht*' di Austria dan Jerman, penyakit '*nobyu*' di Jepang (Steinhaus, 1963; Tanada dan Kaya, 1993). Di Jepang di kenal juga sebagai penyakit '*fushidaka*' (Tajima, 1972). Di India disebutkan beberapa nama, yaitu penyakit '*haul-hula*' di Karnataka, penyakit '*rasa*' di Bengal Barat, penyakit '*polapurugu*' di Andhra Pradesh dan penyakit '*pal poochhi*' di Tamil Nadu (Babu *et al.*, 2009).

I. Gejala Penyakit.

Ulatsutera yang terinfeksi *Bombyx mori* Nuclearpolyhedrosis virus (*BmNPV*) akan mengalami pembengkakan antara segmen, kulitnya berwarna putih susu dan mengkilap, haemolimnya keruh berwarna putih susu. Larva sakit akan berusaha ke tepi rak pemeliharaan. Gejala akan berbeda pada tahap perkembangan, jika terjadi infeksi sebelum ganti kulit maka larvanya tidak dapat ganti kulit. Infeksi yang terjadi setelah ganti kulit maka terjadi pembengkakan pada membran intersegmental pada instar keempat dan kelima. Pembengkakan pada membran intersegmental akan terlihat seperti 'bambu'. Larva mudah tertular oleh penyakit ini pada periode terakhir dari instar 5 dan dapat membentuk kokon tetapi akhirnya larva pecah sebelum jadi pupa dalam kokon dan mengeluarkan cairan coklat kehitaman. Cairan ini dapat menjadi sumber kontaminan pada permukaan kokon. Larva kecil akan mati sekitar tiga sampai empat hari setelah infeksi dan larva besar 4-6 hari setelah terinfeksi (Yup-lian, 1991; Babu *et al.*, 2009). Menurut Tanada dan Kaya (1993), larva-larva lepidoptera yang terinfeksi *BmNPV* biasanya tidak memperlihatkan gejala luar selama 2 – 5 hari setelah terinfeksi. Gejala baru jelas nampak setelah adanya perubahan larva menjadi agak kekuning-kuningan. Larva ini menjadi kurang aktif antara 12 - 13 hari, tapi pada strain yang virulen kematian dapat terjadi hanya 2 – 4 hari setelah infeksi.

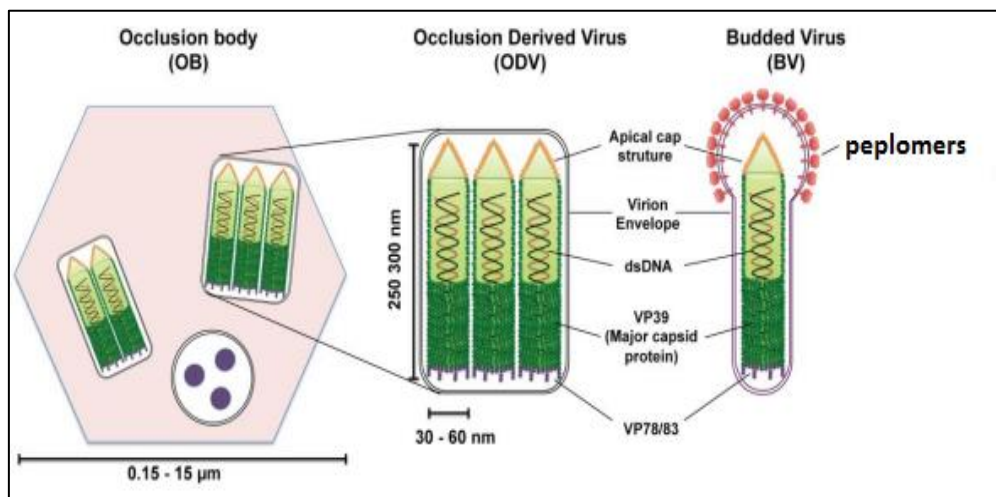
Pada waktu ulatsutera terserang *BmNPV*, *polyhedra* dibentuk di dalam *nukleus* pada berbagai organ inang, yang selanjutnya pindah ke dalam hemolim larva yang diikuti dengan rusaknya sel-sel inang dan cairan tersebut akan menjadi keruh seperti nanah. Pada waktu yang bersamaan, kulit larva yang terserang membengkak. Gejala utama ini merupakan ciri khas penyakit NPV. Virus ini dapat menyebar ke larva yang lain, bila kulit larva yang terserang penyakit tersebut pecah (rusak) dan nanahnya tertumpah sehingga oleh petani disebut pula

”penyakit nanah”. Bila larva tersebut mati, tertinggal dalam ruangan pemeliharaan dan alat-alat pemeliharaan, nantinya akan merupakan sumber penyakit bagi larva yang akan di pelihara berikutnya (JICA, 1985).

II. Deskripsi Nuclearpolyhedrosis Virus pada Ulatsutera.

Penyakit grasserie disebabkan oleh *Borrelina bombycis* virus dari famili Baculoviridae. Nomenklatur yang terakhir adalah disebutkan sebagai *Bombyx mori* Nuclearpolyhedrosisvirus atau BmNPV (Babu *et al.*, 2009). Perkembangan terakhir susunan taxonomi virus ini yang didasarkan atas struktur dan komposisi genomnya termasuk dalam *double stranded* (dsDNA). Klasifikasi NPV adalah Kerajaan Viruses, Filum DNA Viruses, Sub-filum dsDNA, Ordo Herpesvirales, Famili Baculoviridae, Genus Alphabaculovirus, tipe spesies *nucleopolyhedrovirus* (King *et al.*, 2012). BmNPV termasuk dalam sub genus nucleocapsid tunggal (SNPV) (Gregory *et al.*, 1969).

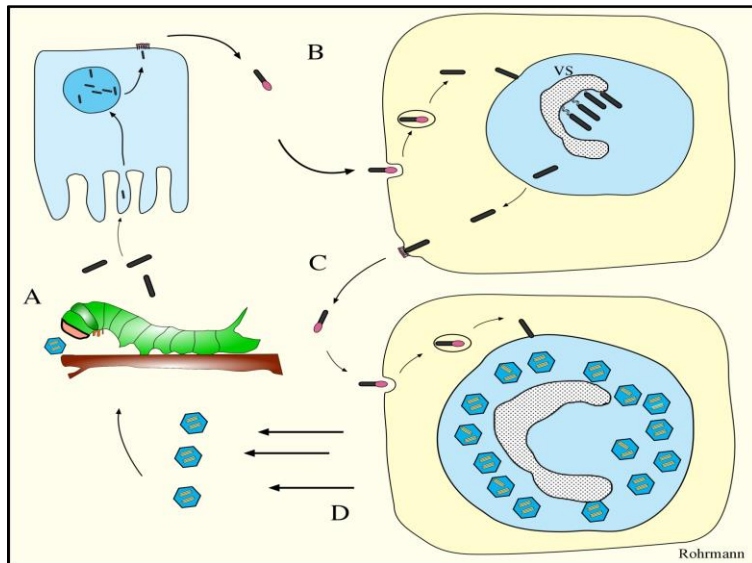
NPV menghasilkan struktur protein kristal yang disebut *occlusion bodies* (OBs) atau *occlusion derived virus* (ODV) atau *polyhedra inclusion bodies* (PIBs) (Gambar 11). Di dalam ODV terbenam dan terlindungi beberapa virus sesungguhnya yang disebut virion. ODV melindungi dari faktor lingkungan seperti sinar UV, kekeringan dan *nucleases* (tanpa inang). ODV NPV disebut pula polyhedra berdiameter 1-15 μm (Vialard, *et al.*, 1995). Nuclearpolyhedrosisvirus mempunyai diameter yang berukuran 3–5 μm dan bentuk polyhedron biasanya hexagonal dan jarang tetragonal (Aizawa, 1955 dalam Steinhaus, 1963).



Gambar 11. Ilustrasi *Bombyx mori* Nuclearpolyhedrosis Virus (Au *et al.*, 2013).

III. Mekanisme infeksi dan siklus hidup *BmNPV*.

Mekanisme infeksi *BmNPV* pada ulatsutera dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Mekanisme infeksi *BmNPV*. Occlusion bodies masuk ke dalam midgut, Virion diproduksi dan akhirnya sel mati melepaskan ODV (D) (Rohrmann, 2008)

Infeksi peroral atau luka merupakan jalan infeksi utama (Tazima, 1978). Cara penularan NPV dapat melalui : a) Infeksi melalui mulut yaitu patogen virus masuk melalui mulut ulatsutera, hal tersebut terjadi dengan jalan pemberian makan pada ulatsutera dengan daun murbei yang mengandung virus; b) Infeksi melalui kulit yaitu infeksi terjadi oleh karena virus masuk melalui luka pada tubuh larva; c) Infeksi melalui stigma atau spirakel. Infeksi melalui mulut dan melalui kulit digunakan secara rutin untuk percobaan infeksi, sedangkan infeksi melalui stigma belum diketahui (Steinhaus, 1963).

Ketika serangga menelan makanan yang terkontaminasi ODV maka ODV akan melepaskan emplovnya dan larut dalam midgut yang lingkungannya sangat alkalis. ODV kemudian melintasi membran peritrofik dari lumen midgut dan membran sel epitel selanjutnya melepaskan nukleokapsidnya. Nukleokapsid masuk ke inti untuk memulai transkripsi gen virus (Ferrelli *et al.*, 2012). Apabila polyhedron masuk melalui mulut bersama makanan dan dengan cairan usus yang alkalis (pH 10,5) akan mengakibatkan polyhedron rusak, selanjutnya virus akan menyerang tubuh larva dan masuk ke dalam haemolim (Steinhaus, 1963).

Budded virus (BV) atau non occluded virus (NOV) diproduksi pada saat nukleokapsid berpindah ke membran plasma, segera kehilangan selubung nuclear-derived di dalam sitoplasma kemudian melalui membran sitoplasmik

masuk ke haemocoel. Setelah di dalam haemolim BV ini baru menyebar menginfeksi sel-sel lain dari jaringan ulatsutera. Fase BV lebih infeksi pada beberapa kultur sel dan pada saat diinjeksikan masuk ke haemocoel tetapi infektifitasnya berkurang bila melalui oral. Sementara ODV atau polyhedra melindungi virus dari lingkungan yang tidak menguntungkan dan merupakan transmisi efektif antara serangga (Bonning dan Hammock, 1992).

Siklus hidup virus melibatkan dua bentuk yang berbeda dari virus: occlusion-derived virions (ODV) dan budded virions (BV), kedua bentuk memiliki peran yang berbeda selama patogenesis. Infeksi primer dimulai ketika amplop ODV lepas selanjutnya masuk ke membran sel epitel kolumnar midgut inang. Replikasi virus terjadi di inti sel inang dan partikel BV baru keluar lalu menyebarkan infeksi sistemik ke sel-sel dan jaringan inang melalui glikoprotein GP64. Sel-sel sistem trakea serangga adalah target penting dari BV, dan infeksi yang sangat cepat penyebarannya (Fan *et al.*, 2013). BV yang masuk ke hemolim dan menyebarkan infeksi dalam tubuh serangga (Chakrabarty *et al.*, 2012; Jiang *et al.*, 2012). Virus tersebut menyerang sel epidermis, lemak badan, kelenjar sutera, sel darah dan virus tersebut masuk ke dalam nuklear (Madjid *et al.*, 1980). Hasil histopatologi menunjukkan infeksi testis atau ovarium larva sehingga dikatakan terinfeksi transovarial. Infeksi pada larva instar pertama dan kedua akan mematikan pada akhir instar ketiga dan keempat.

Larva instar 5 yang terinfeksi *BmNPV* akan dapat bertahan sampai jadi imago namun sebagian organnya telah terinfeksi. Jika induk betina terinfeksi dan kawin dengan jantan yang sehat maka akan mereduksi peletakan telur dan penetasannya serta larvanya hanya akan dapat bertahan pada instar pertama atau kedua. Sebaliknya induk betina sehat kawin dengan jantan yang terinfeksi juga dapat mereduksi penetasan telurnya. Amplifikasi PCR dan sekuensi 473 bp pada induk yang terinfeksi dan generasi F1-nya membuktikan bahwa NPV dapat ditransmisikan secara vertikal (Khurad *et al.*, 2004).

D. Patogenitas, Virulensi dan Infektivitas Patogen terhadap *Bombyx mori* L

Hampir semua penyakit mengurangi biomassa dan hasil panen. Hal tersebut dapat terjadi pada salah satu dari empat cara, yaitu (1) membunuh inangnya; (2) pengerdilan disebabkan gangguan metabolisme atau menguras nutrisi; (3) mematikan sebahagian dari tubuh inangnya; (4) merusak atau menyebabkan disfungsi organ dari inangnya (Singh dan Singh, 2005).

Patogenisitas adalah kemampuan potensial untuk menghasilkan penyakit. Patogenitas terminologi kualitatif, suatu konsep “all or none” menghasilkan

penyakit “ya atau tidak”. Virulensi adalah kuantitas dari patogenitas atau kekuatan memproduksi penyakit dari suatu organisme (Shapiro-Ilan *et al.*, 2005). Patogenitas adalah absolut apakah organisme patogen menyebabkan penyakit pada inangnya atau tidak, sedangkan virulensi adalah ukuran kuantitatif dari kemampuan yang menyebabkan penyakit. Infektivitas adalah kemampuan suatu organisme untuk menyebabkan infeksi (Shapiro-Ilan *et al.*, 2012).

Patogenitas adalah kemampuan mikroorganisme untuk menginfeksi inangnya dan menghasilkan penyakit yang merupakan interaksi antara patogen dengan inangnya melalui ekspresi faktor tertentu dari keduanya. Beberapa faktor penentu termasuk gen atau produk gen seperti molekul enzim yang dikenal sebagai faktor virulensi yang terlibat dalam hubungan ini. Virulensi mengacu khusus untuk properti dari patogen dan menurut definisi modern, virulensi adalah kemampuan patogen untuk berkembang biak dan menyebabkan kerusakan pada inangnya. Mikroba patogen sering memiliki sejumlah faktor virulensi dan mekanismenya. Faktor virulensi membantu patogen tumbuh pada suhu yang sesuai, penetrasi dan penyebaran, membantu dalam perlawanan terhadap pertahanan kekebalan bawaan (misalnya fagositosis), faktor gizi dan metabolik, faktor nekrotik, atau variasi morfologi (Khan *et al.*, 2010).

Peranan penyakit di dalam populasi inang adalah keseimbangan hubungan antara kemampuan patogen untuk memanfaatkan kepekaan inangnya dan ketahanan inang. Timbulnya penyakit meliputi keberhasilan penularan (transmisi), potensi patogen menginfeksi dan berkembang dalam inang, virulensi, dan dampak penyakit terhadap inangnya. Kerentanan inang ditentukan oleh lingkungan dan faktor ketergantungan pada kondisi yang memengaruhi kepekaan inang terhadap infeksi dan kemampuan inang merespon melalui mekanisme resistensi (Cory dan Myers, 2003). Tingkat ketahanan ulatsutera terhadap infeksi patogen (*Staphylococcus aureus*) adalah suatu model atau indikasi untuk penilaian virulensi patogen tersebut (Kurokawa *et al.*, 2007).

Kemampuan patogen menimbulkan penyakit tidak hanya ditentukan oleh sifat virulensinya, tetapi kapasitas atau jumlah inokulum patogen tersebut. Menurut Gill dan Fast (2006), insiden penyakit pebrin bervariasi tergantung strain ulatsutera, tahap perkembangan dan kondisi lingkungan.

Apabila virus masuk ke dalam tubuh serangga, maka periode dari infeksi dan matinya serangga bervariasi, tergantung dari beberapa faktor, terutama umur larva, suhu, virulensi dari virus, konsentrasi virus dan nutrisi inang (Tanada dan Kaya, 1993). Penularan patogen dapat terjadi secara alami ataupun secara buatan. Bibit ulatsutera yang terinfeksi *N. bombycis* secara transovarial merupakan sumber kontaminasi primer. Kontaminasi ruang atau bangunan pemeliharaan,

peralatan, sampah ulat, dan daun murbei akan turut berkontribusi terhadap penyebaran penyakit (Gill dan Fast, 2006). Menurut Govindan *et al.* (1997), penularan patogen pebrin dapat secara transovarial. Larva instar 4 atau 5 terinfeksi masih dapat kawin dan meletakkan telurnya, namun telur yang diletakkan mengandung patogen pebrin. Penularan dapat pula melalui daun murbei yang terkontaminasi patogen pebrin yang dimakan oleh larva. Larva instar 1 dan 2 yang terinfeksi akan mati pada instar 3.

Penularan NPV dapat melalui peroral atau melalui makanan (daun murbei) dan transovarial. Menurut Tanada dan Kaya, (1993), penularan NPV umumnya dapat terjadi secara transovarial, spirakel atau ovipositor dari parasitoid. Hasil penelitian Khurad *et al.* (2004), menunjukkan dosis 2000 OBs/larva yang dioleskan pada daun 2 cm² mengakibatkan larva mati 50 %. Larva dan yang dapat bertahan hidup sampai dapat meletakkan telur, maka telur-telurnya juga terinfeksi.

E. Ketahanan Ulatsutera

Ketahanan adalah suatu sifat secara kuantitatif didistribusi terus dan dipengaruhi oleh gen mayor dan gen minor. Sebagaimana ditunjukkan oleh pada ulatsutera, sifat ketahanannya dikendalikan oleh gen dominasi ganda pada kromosom nonseksual. Jika ada pasangan gen secara acak muncul dalam populasi setiap generasi secara berturut-turut maka dari seleksi alam mengakibatkan munculnya sebagai gen utama dan gen modifikasi (Molaei *et al.*, 2011). Mayor gen dapat mengurangi keterlibatan enzim dalam multipikasi virus atau sintesis reseptor dalam sel midgut (Watanabe, 2002).

Ulatsutera membangun suatu mekanisme resistensi melawan penyakit sepanjang dalam perjalanan evolusinya. Mekanisme resistensinya yaitu membatasi invasi mikroba atau menunjukkan efek pertahanan dari penyakit dan dengan mencegah patogen parasite dan penyebarannya, dan termasuk merugikan. Mekanisme pertahanan utama ulatsutera terdiri atas dinding tubuh, saluran pencernaan, cairan pencernaan, sel-sel darah dan sistem imun. Dinding tubuh, fore gut dan hind gut terlindungi oleh zat kitin yang melindungi secara preventif dari patogen. Pada mid gut terdapat membrane peritrofik juga merupakan sistem pertahanan dalam pencernaan ulatsutera. Patogen akan sangat mudah menginvasi pada saat ulatsutera berganti kulit saat membran peritrofik dalam proses terbentuk kembali. Oleh karena itu sistem pertahanan ulatsutera sangat lemah pada saat ecdycis atau ganti kulit. Cairan pencernaan ulatsutera pada dasarnya basis pertahanan yang kuat, pH 9-10 yang tidak cocok untuk pertumbuhan dan profagasi beberapa mikroba patogen. Proteinase fluoresens merah merupakan substansi terbentuk dalam cairan pencernaan yang bersifat anti virus. Beberapa

jenis lysozymes dan oxidase dalam hemolim menghambat bakteri dan granulocytes yang memiliki kekuatan untuk fagositik benda asing yang masuk dalam tubuh ulatsutera (Yup-lian, 1991).

Dalam sejarah panjang praktik pemeliharaan ulatsutera, galur ulatsutera dengan ketahanan terhadap penyakit yang tinggi telah meningkatkan produktivitas kokon dan kualitas sutera. Namun, pembibitan ulatsutera dengan metode tradisional membutuhkan biaya yang tinggi, waktu dan tenaga kerja. Dalam rangka meningkatkan efisiensi seleksi dan akurasi pengembangan bibit dengan ketahanan yang tinggi di masa datang, dibutuhkan sistem seleksi dengan bantuan penanda molekuler. Sebagaimana telah diketahui dua penanda molekuler gen utama ketahanan terhadap NPV adalah OPA-18700 dan gen rentan terhadap NPV adalah OPY-11400 yang dapat divalidasi pada populasi F₂-nya (Yao *et al.*, 2003). Teknologi transgenik dapat diterapkan untuk mendapatkan galur yang lebih tahan seperti transfer gen anti-patogen yang memproduksi *Bmlipase-1* anti-*BmNPV* (Jiang *et al.*, 2012).

Ketahanan bibit ulatsutera terhadap pebrin yang tertinggi pada persilangan ras Cina, disusul persilangan ras Jepang dan paling rentan pada persilangan ras Eropa. Umumnya ras multivoltin atau polyvoltin lebih tahan dibandingkan bivoltin dan paling rentan pada ras monovoltin atau univoltin. Alasan kemungkinan yang terkait kerentanan atau ketahanan serangga terhadap penyakit mikrosporidia adalah: (1) Kegagalan spora berkecambah dalam saluran pencernaan karena kondisi yang tidak menguntungkan; (2) Ketahanan jaringan host; (3) eliminasi sel yang terinfeksi oleh inang (Govindan *et al.*, 1997; Gill dan Fast, 2006).

Ada beberapa prosedur yang dapat dilakukan untuk mendapatkan galur ulatsutera yang tahan, yaitu: 1) seleksi galur dalam populasi yang tahan yang diuji secara berkelanjutan setiap generasi; 2) seleksi galur dalam individu yang tahan yang diuji dengan infeksi buatan dan keturunan yang tahan diinfeksi terus sampai mendapatkan generasi yang dapat menekan 70-80 % mortalitasnya; 3) introduksi gen mayor dengan jalan persilangan "*backcross*" (Watanabe, 2002).

F. Hubungan Penyakit dengan Faktor Klimat

Posisi Indonesia secara geografis mengakibatkan kondisi iklimnya akan dipengaruhi fenomena El Nino/La Nina bersumber dari wilayah timur Indonesia (Ekuator Pasifik Tengah/Nino 3.4) dan *Dipole Mode* bersumber dari wilayah barat Indonesia (Samudera Hindia barat Sumatera hingga timur Afrika), disamping pengaruh fenomena regional, seperti sirkulasi monsun Asia-Australia, daerah pertemuan angin antar tropis atau Inter Tropical Convergence Zone (ITCZ) yang merupakan daerah pertumbuhan awan, serta kondisi suhu permukaan laut sekitar

wilayah Indonesia (BMKG, 2014). Nilai indeks osilasi selatan atau Southern Oscillation Index (SOI) dihitung dari fluktuasi bulanan atau musiman dalam perbedaan tekanan udara antara Tahiti dan Darwin. Nilai SOI bernilai positif di atas 7 mengindikasikan La Niña, sedangkan nilai negatif di bawah -7 menunjukkan El Niño. Nilai antara sekitar 7 dan -7 umumnya menunjukkan kondisi netral. El Niño berhubungan dengan peningkatan probabilitas kondisi kering sebaliknya La Niña kondisi basah karena curah hujan yang tinggi (Bureau of Meteorology, 2015).

Perubahan iklim terhadap populasi serangga, untuk menilai risiko ekologis, ekonomis, dan gangguan biotik termasuk penyakit. Pengaruh variabel iklim, pemantauan jangka panjang dan pemodelan tingkat populasi serangga dan perilaku serangga, identifikasi potensi migran dan pertimbangan kemungkinan perubahan dalam sistem pengelolaan (Ladanyi dan Horvath, 2010). Epidemi penyakit menular dapat menyebabkan penurunan populasi yang cepat atau kepunahan spesies. Banyak patogen di darat dan laut yang sensitif terhadap suhu, curah hujan dan kelembaban, menciptakan sinergisme yang dapat memengaruhi keanekaragaman hayati. Faktor iklim dapat meningkatkan perkembangan patogen dan tingkat kelangsungan hidup, penularan penyakit, dan kerentanan inang. Sistem parasit dapat mengalami dampak penyakit yang lebih sering atau berat dengan pemanasan atau mungkin sebaliknya menurun dengan pemanasan yang melepaskan inang dari penyakit (Harvell *et al.*, 2002). Infeksi patogen meningkat pada periode kelembaban meningkat terutama dari golongan cendawan. Suhu dan kelembaban juga memengaruhi fisiologis interaksi antara inang dan patogen (James *et al.*, 1998).

Suhu dan kelembaban relatif merupakan faktor lingkungan yang penting yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan maksimum ulatsutera. Selama infeksi mikrosporidia dan ulatsutera dapat mentolerir sedikit perubahan suhu tetapi sangat berpengaruh pada kelembaban relatif untuk perbanyak patogen (Chakrabarti dan Manna, 2008).

Musim dan wilayah seperti di daerah tropis Andhra Pradesh India yang sebagian besar dipengaruhi oleh faktor iklim. Hal tersebut menjadi lebih penting dalam memahami adaptasi genotipe ulatsutera *Bombyx mori* L. dan interaksi dengan lingkungan dan fluktuasi penyakit virus terutama *BmNPV*. Epidemi penyakit virus pada ulatsutera memiliki hubungan erat dengan faktor iklim seperti suhu, kelembaban udara, makanan dan lingkungan, Ulatsutera yang terinfeksi juga memainkan peran penting dalam manifestasi perlawanan. Tingkat induksi penyakit mungkin dikendalikan oleh tahap perkembangan larva, terutama pada periode ganti kulit (Lakshmi *et al.*, 2014a).

G. Deteksi Penyakit Ulutsutera

I. Deteksi Patogen Pebrin dan NPV

Deteksi keberadaan patogen baik di luar ataupun di dalam jaringan inang telah banyak dikembangkan. Metode yang digunakan mulai yang menggunakan alat atau cara yang sederhana sampai rumit, mulai teknik yang murah sampai mahal, atau dari sensitivitas dan akurasi rendah sampai yang tinggi. Pemeriksaan penyakit pebrin dengan cara yang paling sederhana dilakukan di bawah mikroskop dengan berbagai tipe sesuai dengan perkembangan teknologi. Menurut Govindan *et al.* (1997), salah satu metode praktis yang dapat digunakan untuk mendeteksi patogen pebrin adalah melihat langsung di bawah mikroskop perbesaran minimal 600x. Keberadaan patogen pebrin pada habitat pemeliharaan dan bibit dapat dideteksi. Kokon untuk bahan bibit harus terbebas 100 % dari patogen tular bibit.

Identifikasi, deteksi, dan diagnosis dini virus ulutsutera dengan cara difusi agar ganda, enzim antibodi tidak langsung (metode IIP), latex agglutinasi, konjugasi mono-clonal antibodi sampai latex protein A (PALMAL), immuno elektroforesis, immunofluorescens, metode ABC2ELISA,), reverse hemagglutinasi reaksi tidak langsung, imunologik al *binding assay*, kombinasi anti-bodi monoclonal dan teknologi imunologikal lainnya. Untuk deteksi *N. bombycis* dengan antigen anti-serum dan mono-clonal antibodi (Guo-Ping dan Xi-Jie, 2011).

Nosema bombycis dapat pula dideteksi dengan prosedur ELISA, serological, teknik pewarnaan dengan immunoperoxidase pemeriksaan spora. Pengembangan teknik antibodi monoclonal yang memiliki spesifikasi tinggi dan stabil berperan penting dalam klasifikasi dan spesiasi microsporidia. Kepekaan partikel latex juga merupakan teknik yang sangat praktis untuk mendiagnosis penyakit pebrin. Metode Western Blot untuk mengidentifikasi adanya 17-kDa polipeptida yang spesifik sebagai penanda virulen untuk identifikasi infeksi mikrosporidia (Singh *et al.*, 2012).

II. Deteksi dengan Teknik Molekuler *Polymerase Chain Reaction* (PCR)

Polymerase Chain Reaction (PCR) sesungguhnya merupakan suatu proses fotokopi DNA (McPherson dan Moller, 2006). PCR merupakan suatu teknik perbanyakkan (amplifikasi) potongan DNA secara *in vitro* pada daerah spesifik yang dibatasi oleh dua buah primer oligonukleotida (Gaffar, 2007). Ada 18 variasi PCR di antaranya yang umum adalah selain PCR standar/konvensional, yaitu Real-Time PCR, Multiplex PCR, Reverse Transcription (RT)-PCR dan Nested PCR.

Tahapan proses PCR terdiri atas tiga langkah, yaitu tahap *denaturasi* untuk pemisahan dua untai ganda DNA selama 15-60 detik pada suhu 90 – 95 °C, tahap

annealing untuk pengikatan atau penggandaan kembali antara untaian DNA pencetak (DNA template) dan primernya yang urutannya komplementer berlangsung selama 30 - 60 detik pada suhu 50 - 60 °C, dan tahap *extension/elongation* untuk sintesis DNA polimerase menjadi sebuah untai yang komplementer yang berlangsung pada suhu 72 °C. Enzim akan membaca lawan urutan untai dan memperpanjang primer dengan menambahkan nukleotida dalam urutannya sehingga DNA memanjang. Seluruh proses tersebut berulang-ulang sehingga bertambah jumlahnya secara eksponensial. Keseluruhan proses sangat tergantung pada suhu dan waktu dari masing-masing tahapan tersebut (Gaffar, 2007; Fessehaie, 2010).

Pada saat ini, identifikasi dan deteksi mikroorganisme dengan metode PCR tidak dapat lagi dianggap sebagai metode substitusi melainkan sudah menjadi metode suplemen yang melengkapi metode-metode sebelumnya. Keunggulan PCR dikatakan tinggi. Hal ini berdasarkan spesifitasnya, efisiensi, dan keakuratannya. Spesifitas PCR terletak pada kemampuannya mengamplifikasi produk sesuai dengan yang diinginkan dengan jumlah sampel yang sangat sedikit dimana teknik kultur dan serologi sering terhambat. Efisiensi PCR adalah kemampuannya mengamplifikasi sehingga menghasilkan produk melalui sejumlah siklus. Keakuratan yang tinggi karena DNA *polymerase* mampu menghindari kesalahan pada amplifikasi produk (Lisby, 2010).

Polymerase chain reaction (PCR) dan analisis restriksi endonuclease telah dapat mendeteksi dan mengidentifikasi Baculoviruses dari delapan sumber inang termasuk dari inang ulatsutera (Moraes dan Maruniak, 1997). Amplifikasi PCR dan sekuensing *BmNPV* pada 473 bp yang terinfeksi virus ditransmisikan secara vertikal (Khurad *et al.*, 2004). *BmNPV* dapat dideteksi secara keseluruhan pada hemolim larva dan telur yang terinfeksi atau ulatsutera yang belum memperlihatkan gejala melalui PCR standar (Ikuno *et al.*, 2004; Galal, 2009; Fan *et al.*, 2012; Gaganidze *et al.*, 2014). PCR merupakan metodologi juga untuk mendeteksi patogen dari sampel lingkungan (Josephson *et al.*, 1993)

Saat ini deteksi patogen dengan teknik PCR menjadi dasar pengembangan deteksi yang lebih kompleks dan tentu saja sensitivitasnya jauh lebih tinggi dibandingkan dengan PCR konvensional. Pengembangan deteksi patogen berbasis molekular telah banyak dikembangkan seperti real-time PCR (RT-PCR), *Hyper Detection of infectious disease based on Genome Profiling* (HDGP) dan *propidium monoazide* (PMA)-PCR yang mengkombinasikan analisis biologi molekular dan *polymerase chain reaction* (PCR). Menurut Hatakeyama *et al.* (2008), HDGP merupakan teknik baru yang memanfaatkan konsep genome profiling (GP) tanpa primer spesifik yang telah digunakan untuk mendeteksi patogen protozoa dan virus pada ulatsutera. Mikkelsen *et al.* (2011), PMA-PCR dapat mendeteksi

keberadaan dan viabilitas patogen sasaran, selektif mengikat sel-sel mati, aktif menghambat polymerase dengan demikian DNA tidak dapat diamplifikasi dengan PCR. Dengan menghambat amplifikasi DNA dari setiap sel-sel mati, dan menggunakan primer spesifik, Hasil PMA-PCR terdiri sampel murni yang layak pada spesies sasaran. Ravikumar *et al.* (2011), *Multiplex* PCR merupakan perpanjangan dari PCR standar di mana beberapa lokus gen diamplifikasi secara bersamaan. Keuntungan dari *multiplexing* adalah bahwa hal itu lebih cepat, dapat diformat untuk analisis yang tinggi dan lebih ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- Andikarya, O. 2007. Kemandirian usaha dengan pola klaster industri sutera alam di Sulawesi Selatan. *Makalah yang disampaikan pada acara Temu Usaha Persuteraan Alam Sulawesi Selatan*. Makassar. 48 p.
- Anwar, A., 1985. Laporan kegiatan Seksi Hama dan Penyakit 1983/1984. Proyek Kerjasama Pembinaan Alam. ATA – 72. *Japan International Cooperation Agency*. pp. 34 - 37.
- Aratake, Y. 1973. Strain difference of the silkworm, *Bombyx mori* L., in the resistance to a Nuclear-polyhedrosis virus. *The journal of sericultural science of Japan*. 42(3): 230-238.
- Asha, M. H., R. N. Bhaskar, Y. K. Narayanaswamy and A. M. Rao. 2011. Sensitivity of silkworm breeds and their hybrids of *Bombyx mori* L. to *BmNPV* on ET50 for symptom expression (days) and total larval mortality (%). *Int. Journal of Science and Nature*. 2(1): 7-10.
- Asha, M. H., R. N. Bhaskar, R. Naika, M. Gowda and B.V. Raghunath. 2012. Influence of Silkworm Breeds and Their Hybrids to *BmNPV* on Fifth Instar Larval Duration (Days), Pupal Duration (Days) and Silk Productivity (cg/day). *Int. J. Pure Appl. Sci. Technol*. 9(2): 69-73.
- Asy'ari, M dan A. S. Noer. 2005. Optimasi konsentrasi $MgCl_2$ dan suhu *annealing* pada proses amplifikasi *multifragments mtDNA* dengan metode PCR. *JKSA*. 8(1): 24-28.
- Atmosoedarjo, S., J. Kartasubrata, M. Kaomini, W. Saleh, W. Moerdoko, Pramoedibyo dan S. Ranoeprawiro. 2000. *Sutera Alam Indonesia*. Yayasan Sarana Wana Jaya, Jakarta. 337 p.
- Au, S., W. Wu and N. Panté. 2013. Baculovirus Nuclear Import: Open, Nuclear Pore Complex (NPC) Sesame. *Viruses*. 5: 1885-1900.
- Babu, S. M., G. Gopaldaswamy and N. Chandramohan. 2005. Identification of an antiviral principle in *Spirulina platensis* against *Bombyx mori* Nuclear Polyhedrosis Virus (*BmNPV*). *Indian Journal of Biotechnology*. 4: 384-388.
- Babu, K. R., S. Ramakrishna, Y. H. K. Reddy, G. Lakshmi, N. V. Naidu, S. S. Basha and M. Bhaskar. 2009. Metabolic alterations and molecular mechanism in silkworm larvae during viral infection: A review. *African Journal of Biotechnology*. 8(6): 899-907.

- Bashir, I., S.D. Sharma and S.A. Bhat. 2011. Screening of different insect pests of mulberry and other agricultural crops for microsporidian infection. *International Journal for Biotechnology and Molecular Biology Research*. 2(8): 138-142.
- [BPA] Balai Persuteraan Alam, 1993. *Kuantitas dan Kualiti Produksi Bibit Induk Ulatsutera (Bombyx mori L) sebagai Bahan Persilangan*. Balai Persuteraan Alam, Ujung Pandang:44 p.
- _____. 2013. Persuteraan Alam. *Bahan Rapat Koordinasi Pengendalian Hama dan Penyakit*. Makassar tanggal 15 Maret 2013.
- _____. 2015. Statistik Pengembangan Persuteraan Alam Tahun 2015. Kementerian Kehutanan. Direktorat Jenderal Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial.
- _____. 2016. Statistik Pengembangan Persuteraan Alam Tahun 2015. Kementerian Kehutanan. Direktorat Jenderal Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial.
- Begum, H. A., E. Hassan, and J. Dingle. 2004. Resistance of three different populations of mulberry silkworm (*Bombyx mori* L.) to *Bacillus thuringiensis*. *Journal of Plant Diseases and Protection*. (3): 231–237.
- Bell, V. S. and C. L. Romine, 1980. Tobacco Budworm field evaluation of microbial control in cotton using *Bacillus Thuringiensis* and a Nuclear Polyhedrosis Virus with a feeding adjuvant. *J. Econ. Entomol.* 73: 427-430.
- Bhaskar, R. N. 2013. Horizontal Transmission of *Nosema bombycis* N. infection on Rearing Parameters of Silkworm, *Bombyx mori* L. Presentation in 6th BACSA International Conference “Building Value Chains in Sericulture” “BISERICA” 2013. Padua, Italy.
- Bhat, S. A. And B. Nataraju. 2004. Preliminary studi on a microsporidian isolate occurring in the lamerin breed of the silkworm *Bombyx mori* L. in India. *Int. J. Indust. Entomol.* 9(2): 265-267.
- _____. 2007. Comparative study on the virulence of two microsporidia to the selected races of the silkworm, *Bombyx mori* L. *J. Exp. Zool. India.* 10(2): 353-356.
- _____, I. Bashir and A. S. Kamili. 2009. Microsporidiosis of silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera-bombycidae): A review. *Special Review African Journal of Agricultural Research*. 4(13): 1519-1523.
- _____, A. S. Kamili and I. Bashir. 2012. Characteristic features of microsporidians isolated from silkworm, *Bombyx mori* L. *Recent trends in Agriculture*,

Water and Environment Research. The SciTech Publishers & International Association for Teaching and Learning.

- Biabani, M. R., A. R. Seidavi, M. R. Gholami, K. Etebari and L. Matindoost. 2005. Evaluation of Resistance to Nuclear Polyhedrosis Virus in 20 Commercial Hybrids of Silkworm (*Bombyx mori*). *Formosan Entomol.* 25: 103-112.
- Bonning, B. C. and B. D. Hammock. 1992. Development and potential of genetically engineered viral insecticides. In: *Biotechnology and genetic engineering reviews*. Intercept Ltd. 10: 455-489.
- Borror, Donald J and Dwight M. DeLong, 1992. An Introduction to Study of Insect. Printed in The United State of Amerika. New York. p. 520 – 521.
- Brown, M., L. Ward, N. Boonham and R. Waite. 2005. Application of Import Risk Analysis to honey bees. *Proceedings of the Meeting in Sophia-Antipolis*. France. 301 p.
- Bureau of Meteorology, 2015. El Niño & La Niña: Southern Oscillation Index. <http://www.bom.gov.au/climate/current/soi-1969-2015.shtml>.
- Cappelletti, C. 2013. Activity of the Silk Division of Innovhub. *The 6th Black, Caspian Seas and Central Asia Silk Association (BACSA) International Conference*. Padua, Italy from 7 to 12 April 2013.
- Chakrabarty, S. & Manna, B., 2008. Influence of Temperature and Relative Humidity in Infection of *Nosema bombycis* (Microsporidia: Nosematidae) and Cross-infection of *N. mylitta* on Growth and Development of Mulberry Silkworm, *Bombyx mori*. *International Journal of Industrial Entomology*, 17(2), p. 173-180.
- Chakrabarty, S., S. Deb, A.K. Saha, N. Hazra, B. Manna and B. Bindroo. 2012. Dimorphism in *Nuclear Polyhedrosis Virus (BmNPV)* (Family: Baculoviridae) causing 'grasserie' disease in silkworm (*Bombyx mori* L.): light and electron microscopy and protein profile. *Applied Biological Research*.14(2): 176-186.
- Chakrabarty, S., S. Deb, A.K. Saha, N. Hazra, B. Manna and B. Bindroo. 2013. Gender influenced spore dimorphism in *Nosema bombycis* Nageli causing pebrine disease in mulberry silkworm, *Bombyx mori* L. *Walailak J Sci & Tech*. 10(2): 103-111.
- Clem RJ, and A.L. Passarelli. 2013. Baculoviruses: Sophisticated Pathogens of Insects. *PLoS Pathogen*. 9(11): 1-4.
- Cory, J.S. and J.H. Myers. 2003. The Ecology and Evolution of Insect Baculoviruses. AR. Reviews in Advance: *Ann. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 34:239–272.

- Departemen Kehutanan Republik Indonesia. 2008. Peraturan Direktur Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial Nomor: P.15.V-SET/2008. Jakarta. 9 p.
- Didier, E.S., M.E. Stovalla, L.C. Greenb, P.J. Brindleyc, K. Sestaka, and P.J. Didierd. 2004. Epidemiology of microsporidiosis: sources and modes of transmission. *Veterinary Parasitology*. 126: 145-166.
- Direktur Bina Perhutanan Sosial. 2010. Policy of The Ministry of Forestry on NonTimber Forest Products – HHBK. Ministry of Forestry of Indonesia. Public Sozialization of Permenhut No.P.21/Menhut-II/2009. December 2010.
- Dun and Bradstreet, 2010. Final Report – National Fibre Policy. Sub-Group on Silk. D & B Decide with Confidence. 64 p.
- [Disperindag] Dinas Perindustrian dan Perdagangan Provinsi Sulawesi Selatan. 2006. Program Pengembangan Industri Sutera Alam Sulawesi Selatan 2007-2010. *Makalah yang disampaikan pada Temu Bisnis Sutera Alam Sulawesi Selatan*. Makassar. 12 p.
- Etebari. K., L Matindoost, S.Z. Mirhoseini and M.W. Turnbull. 2007. The effect of *BmNPV* infection on protein metabolism in silkworm (*Bombyx mori*) larva. *ISJ*. 4: 13-17.
- Fan, H., X. Zhang, Y. Xu, X. Cheng and C. Zhang. 2012. Genom of a *Bombyx mori* Nucleopolyhedrovirus strain isolated from India. *Journal of Virology*. 86 (21): 11941.
- Fan, F., H. Ping and C. Keping. 2013. Progress of antiviral mechanisms in the mulberry silkworm: A review. *African Journal of Microbiology Research*. 7(14): 1173-1178.
- Fatchiyah. 2011. Uji Kuantitatif dan kualitatif. Dalam: Astikawati, R. (ed.). *Biologi Molekuler Prinsip Dasar Analisis*. Penerbit Erlangga. Jakarta. p. 34-46.
- Ferrelli, M. L., M. F. Berretta, M.N. Belaich, P. D. Ghiringhelli, A. Sciocco-Cap and V. Romanowski. 2012. The Baculoviral Genome. In: Garcia, M. L. and V. Romanowski (eds.). *Viral Genomes – Molecular Structure, Diversity, Gene Expression Mechanisms and Host-Virus Interactions*. InTech. Janeza, Croatia. 1:3-32.
- Fessehaie, 2010. Basics of Polymerase Chain Reaction Technology. GT – WORKSHOP. Seed Science Center, Ames, IA, 50011. Iowa State University.

- Franzen, C. 2008. Microsporidia: A Review of 150 Years of Research. Bentham Science Publishers Ltd. *The Open Parasitology Journal*. 2: 1-34.
- Fu, Z., X. He, S. Cai, H. Liu, X. He, M. Li and X. Lu. 2016. Quantitative PCR for detection of *Nosema bombycis* in single silkworm eggs and newly hatched larvae. *Journal of Microbiological Methods*. 120: 72-78.
- Funakoshi, M., and K. Aizawa. 1989. Viral Inhibitory Factor Produced in the Hemolymph of the Silkworm, *Bombyx mori*, Infected with a Nuclear Polyhedrosis Virus. *Journal of invertebrate pathology*. 54: 151-155.
- Gaffar, S. 2007. Bioteknologi Molekul. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Padjadjaran. p.82.
- Gaganidze, D., I. Gujabidze, T. Sadunishvili, G. Gigolashvili. 2014. Elaboration of nuclear polyhedrosis virus detection method in eggs of mulberry silkworm. *The journal of ecology*. 108: 336-345.
- Galal, F.H. 2009. Universal primer for early and rapid detection of nuclearpolyhedrosis virus of multiple species using Polymerase Chain Reaction. *Egypt. Acad. J. biolog. Sci*. 1(1): 57-64.
- Gangwar, S. K. 2011. Screening of Popular Bivoltine Hybrid Silkworm Breeds of West Bengal on the Basis of Disease Susceptibility in Uttar Pradesh Climatic Conditions. *Advances in Bioresearch*. 2(2): 22-35.
- Gill, E. E., and N. M. Fast. 2006. Assessing the microsporidia-fungi relationship: Combined phylogenetic analysis of eight genes. *Gene*. 375: 103-109.
- Gitosewojo. 1995. Peluang pengembangan persuteraan alam di Indonesia khususnya di Jawa Barat. *Makalah yang disajikan pada Seminar Nasional Persuteraan Alam*. Bandung 30 Januari 1995.
- Govindan, R., T.K. Narayanaswamy and M.C. Devaiah. 1997. Pebrin Disease of Silkworm. Bangalore: *University of Agricultural Sciences*. p. 51.
- Gowda, K. S. M., Shamprasadphadhis, K. N. Bharath and Anithapeter. 2015. Moleular and immunological detection of Kenchu virus infecting silkworm (*Bombyx mori* L.). *Impact Journals*. 3(9): 77-86.
- Gregory, B.C., C.M.Ignoffo and M.Shapiro. 1969. Development of a Viral Insecticidae : Concept to Commereciatization. *J. Invertebr*. 14: 186-193.
- Guo-Ping, K and G. Xi-Jie. 2011. Overview of silkworm pathology in China. *African Journal of Biotechnology*. 10(79): 18046-18056.

- Grunenwald, H. 2010. Optimization of Polymerase Chain Reactions. In Bartlett, J. M. S. and S. David (eds). 2010. PCR Protocols. Second edition. Totowa, NJ. Humana Press. p.89-99.
- Han, M.S. 1994. Transovarial transmissibility and histopathology on the gonad infection with *Nosema bombycis* in the silkworm, *Bombyx mori*. *Korean J. Seric. Sci.* 36 (10): 69-75.
- Harvell, C. D., C. E. Mitchell, J. R. Ward, S. Altizer, A. P. Dobson, R. S. Ostfeld and M. D. Samuel. 2002. Review: Ecology. Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science*. 296: 2158-2162.
- Hatakeyama, Y., and S. Hayasaka. 2003. A new method of pebrine inspection of silkworm egg using multiprimer PCR. *Journal of Invertebrate Pathology*. 82: 148-151.
- Hatakeyama, Y., K. Hamano, H. Iwano. 2008. An ultimate method for detection of infected pathogenic microorganism from silkworm using HDGP. *Journal of Insect Biotechnology and Sericology*. 77: 1-7.
- Hema, M., P.S. Rao, A.N. Begum and B. Rakesh. 2011. Susceptibility status of popular silkworm breeds of *Bombyx mori* L., to infectious flacherie virus. *Indian J. Anim. Res.* 45 (2): 109-114.
- Higes, M., A. Meana, C. Bartolome, C. Botias and R. M. Hernandez. 2013. *Nosema ceranae* (Microsporidia), a controversial 21st century honey bee pathogen. *Environmental Microbiology Reports*. 5(1): 17-29. doi:10.1111/1758-2229.12024
- Hui, N. 2010. Changes in Silk Production and Trade Structure in China After the 1980s. 4th Asian Rural Sociology Association (ARSA) International Conference. Legazpi City, Philippines. p. 223-235.
- Hossain, Z., S. K. Gupta, S. Chakrabarty, A. K. Saha and B. B. Bindroo. 2012. Studies on the life cycle of five microsporidian isolates and histopathology of the mid-gut of the silkworm *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). *International Journal of Tropical Insect Science*. 32(4): 203-209.
- Hussain, A. and Buhroo, A.A. 2011. An alternative method to secure pebrine free silkworm eggs. International Society for Zoological Research (ISZR). *International Journal of Entomology*. 2(1): 40-42.
- Ikuno, A.A., L.F.F. Margatho, R. Harakava, M.A. Akamatsu, E.M.F. Martins, A.J. Porto, and V.C.A. Ferreira. 2004. Direct application of the new PCR protocol for evaluation and monitoring of *Bombyx mori* infection by Nucleopolyhedrovirus. *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo. 71(3): 309-315.

- Inoue, H. 1980. Research techniques in the control of disease and pest of silkworm and mulberry. Proyek Pembinaan Persuteraan Alam Sulawesi Selatan. Departemen Pertanian. 42 p.
- James, R. R., B. A. Croft, B.T. Shaffer and B. Lighthart. 1998. Impact of temperature and humidity on host-pathogen interactions between *Beauveria bassiana* and a Coccinellid. *Environmental Entomology*. 27(6): 1506-1513.
- Japan Oversease Cooperation Volunteer, 1975. Tokyo: Textbook of Tropical Sericulture. 612 p.
- Jehle, J.A., G.W. Blissard, B.C. Bonning, J.S. Cory, E.A. Herniou, G. F. Rohrmann, D. A. Theilmann, S. M. Thiem and J. M. Vlask. 2006. On the classification and nomenclature of baculoviruses: A proposal for revision. *Arch Virol*. 151: 1257-1266.
- [JICA] Japan International Cooperation Agency, 1985. *Proyek Pengembangan Persuteraan Alam di Indonesia*. Buku Pelengkap Audio Visual. 77 p.
- Jian-Yang, W. 2007. Interactions Microsporidies-insectes in vivo: dissémination de *Nosema bombycis* (Microsporidia) dans son hôte *Bombyx mori* (Lepidoptera) et caractérisation de protéines structurales majeures de *N. bombycis* impliquées dans l'invasion. These pour l'obtention du grade de Docteur D'Université. Cellulaire Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand.
- Jiang, L., T. Cheng, P. Zhao, Q. Yang, S Jin and P.Lin. 2012. Resistance to *BmNPV* via Overexpression of an Exogenous Gene Controlled by an Inducible Promoter and Enhancer in Transgenic Silkworm, *Bombyx mori*. *PLoS ONE*. 7(8): 4183.
- Jiping, L., Z. Guoquan and X. Xingyao. 2002. Analytical study on the relation with pebrine disease prevalence to climatic factors. *System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture*. 18(3): 164-168.
- Josephson, K.L., C.P. Gerba, and L. Pepper. 1993. Polymerase Chain Reaction Detection of Nonviable Bacterial Pathogens. *American Society for Microbiology*. 59 (10): 3513-3515.
- Joshi, R. P., I. A. Raja and A. P. Bagde. 2013. A preliminary survey on incidence of seasonal diseases in commercial crops of silkworms in Akola and Washim districts of Maharashtra. *Biosci. Biotech. Res. Comm*. 6(2): 202-204.

- Jyothi, N. B. and C. S. Patil. 2011. Light and Electron Microscopic Study on the Development of *Nosema bombycis* Naegeli in the Midgut of Silkworm *Bombyx mori* L. *Int. J. Indust. Entomol.* 23(1): 107-113.
- Kaewwises, M. 2006. Potential application of PCR-Based method for early detection of grasserie disease of silkworm, *Bombyx mori*. Thesis. Graduate School, Kasetsart University. 119 p.
- Kariodimedjo, D.W. 2011. Prinsip transparansi dalam perjanjian TBT dan SPS. *Mimbar Hukum*. Edisi Khusus. p.144-163.
- King, A. M. Q. Adams, M. J. Carstens, E.B. Lefkowitz, E.J. (ed.). 2012. Virus taxonomy: classification and nomenclature of viruses. Ninth report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. Amsterdam: *Elsevier Academic Press*. 1327 p.
- Kiritani, K. 2013. Different effects of climate change on the population dynamics of insects. *Applied Entomology and Zoology*. 48(2): 97-104.
- Khan, M. S. A., I. Ahmad, F. Aqil, M. Owais, M. Shahid and J. Musarrat. 2010. Virulence and pathogenicity of fungal pathogens with special reference to *Candida albicans*. In: Ahmad, I. et al. (eds.). *Combating fungal infections problems and remedy*. Springer-Verlag, Berlin. 539 p.
- Khumnoi, S. 2007. *Vertical transmission of nucleopolyhedrovirus in Thai mulberry silkworm, Bombyx mori L. (Lepidoptera: Bombycidae)*. Tesis tidak diterbitkan. Graduate School, Kasetsart University.
- Khurad, A.M., A. Mahulikar, M.K. Rathod, M.M. Rai, S. Kanginakudru and J. Nagarajuc. 2004. Vertical transmission of *nucleopolyhedrovirus* in the silkworm, *Bombyx mori* L. *Journal of Invertebrate Pathology*. 87: 8-15.
- Kole, C. 2011. Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources. *Tropical and Subtropical Fruits*. 256 p.
- Krishnaswami. S. 1973. *Manual on Sericulture, Silkworm Breeding in India and Japan a comparison*. Indian Silk, Newdelhi.145 p.
- Kukan, B. 1999. Vertical Transmission of Nucleopolyhedrovirus in Insects. *Journal of Invertebrate Pathology*. 74:103-111
- Kumar, K.P. K and S. S. Naik. 2012. Identification of suitable *BmNPV* (*Bombyx mori* Nuclear Polyhedrosis Virus) tolerant silkworm breeds for disease resistance breeding. *International Journal of Integrative sciences. Innovation and Technology*. 1(2): 6-13.

- Kumar, K.P.K., A.K. Sinha, K.N. Madhusudhan, V. Kulshrestha and K Satayarayana. 2013. Rate of Horizontal and Vertical Transmission of *Nosema mylittansis*, a Microsporidian Sp. Causing Pebrine Disease in the Tasar Silkworm, *Antheraea mylitta* D. *International Journal of Research in Biological Sciences*. 3(1): 51-54.
- Kumar, K., KP Sinha, AK Madhusudhan, KNS Rai & A Sahay 2014. The effect of different stress factors on the spread of virosis and pebrine diseases in tasar silkworm rearing. *International Journal of Development Research*, 4(8), pp. 1543-1546.
- Kurokawa, K., C. Kaito and K. Sekemizu. 2007. Two-Component Signaling in the Virulence of *Staphylococcus aureus*: A Silkworm Larvae-Pathogenic Agent Infection Model of Virulence. *Methods in Enzymology*. 422: 233-244.
- Ladanyi, M. and L. Horvath. 2010. A review of the potential climate change impact on insect populations – general and agricultural aspects. *Applied ecology and environmental research*. 8(2): 143-152.
- Lakshmi, L. V., V. Sivaprasad and P. Sujathamma. 2014a. Studies on seasonal performance of newly developed bivoltine silkworm (*Bombyx mori* L.) hybrids tolerant to *BmNPV* and effect of temperature on disease induction. *Animal Review*. 1(4): 57-64.
- Lakshmi, L. V., P. Sujathamma and V. Sivaprasad. 2014b. Evaluation and selection of potential parents tolerant to *Bombyx mori* Nuclear Polyhedro Virus (*BmNPV*) for development of disease resistant hybrids. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*. 4(1): 332-336.
- Lee, S. V. and A. R. Bahaman. 2012. Discriminatory Power of Agarose Gel Electrophoresis in DNA Fragments Analysis. In: Magdeldin, S. (ed.). *Gel Electrophoresis – Principles and Basics*. InTech, Croatia. p. 41-56.
- Lisby, G. 2010. Application of Nucleic Acid Amplification in Clinical Microbiology. In : Meltzer, S.J. (ed.). *Methods in Molecular Biology, PCR in Bioanalysis*. Vol. 92 Humana Press Inc, Totowa, NJ. p.1-29.
- Liu, X., Q. Yao, Y. Wang and K. Chen. 2010. Proteomic analysis of Nucleopolyhedrovirus infection resistance in the silkworm, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). *Journal of Invertebrate Pathology*. 105(1): 84–90.
- Ma, Z., C. Li, G. Pan, Z. Li, B. Han, J. Xu, X. Lan, J. Chen, D. Yang, Q. Chen, Q. Sang, X. Ji, T. li, M. Long and Z. Zhou. 2013. Genome-Wide Transcriptional Response

- of Silkworm (*Bombyx mori*) to Infection by the Microsporidian *Nosema bombycis*. *PLOS ONE*. 8(12): 1-18.
- Madjid, H., Achmad Anwar dan Hajime Inoue, 1980. Petunjuk Praktis Cara Pencegahan dan Pemberantasan Penyakit Ulat Sutera. *Proyek Kerjasama Pembinaan Persuteraan Alam Indonesia*. ATA 72. 15 p.
- Martinez, J. and S. Merino. 2011. Host-parasite interactions under extreme climatic conditions. *Current Zoology*. 57(3): 390–405.
- McPherson, M.J and S.G. Moller. 2006. *PCR*. Second Edition. Published by: Taylor & Francis Group. 292 p.
- Mikkelsen, B., C. M. Lee and A. Ponce. 2011. Optimization of PMA-PCR Protocol for Viability Detection of Pathogens. NASA USRP – Internship Final Report.
- Moerdoko, W. 1995. Pengembangan produk sutera alam sebagai usaha peningkatan pemasarannya. *Makalah yang disajikan pada Seminar Nasional Persuteraan Alam*. Bandung 30 Januari 1995.
- Mohanan, M. N Krishnan, P Mitra, KK Das, B Saratchndra & DP Haldar, 2006. Influence of temperature on microsporidian multiplication and spore production in various tissue of silkwor (*Bombyx mori* L) during larval development. *International Journal of Industrial Entomology*, 12(2), pp. 87-93.
- Molaei, M., M. Mavvajpour, A. Merat and A. Seidavi. 2011. Effects of Ten Dietary Management Programs on Performance of Silkworm Hybrids. Iran: *Life Science Journal*. 8(2): 465-475.
- Moraes, R. R. and J. E. Maruniak. 1997. Detection and identification of multiple bacuviruses using the polymerase chain reaction (PCR) and restriction endonuclease analysis. *Journal of Virological Methods*. 63: 209-217.
- Moscardi, F., 1988. *Possibilities of Using Entomopathogens in Cotton IPM in Indonesia*. FAO. 60 p.
- Nataraju, B., S Prasad, K., Manjunath, D., AC Kumar. 2005. *A Text Book on Silkworm Crop Protection*. Central Silk Board Pub., Bangalore, India. pp. 1-320.
- Nath. B. S., S. K. Gupta and A. K. Bajpai. 2012. Molecular characterization and phylogenetic relationships among microsporidian isolates infecting silkworm, *Bombyx mori* using small subunit rRNA (SSU-rRNA) gene sequence analysis. *Acta Parasitologica*. 57(4): 342–353.
- Nayaka, A.R.N. and S.D Sharma. 2014. Paradigm of vertical transmission of newly isolated microsporidian NIK-5hm in popular multivoltine and bivoltine

- breeds of silkworm *Bombyx mori* L. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2 (1): 73-75.
- Omura, S. 1967. *Introduction to Silkworm Rearing*. The Japan Silk Association, Inc., Tokyo. 129 p.
- Pan, Z., C. Gong, X. Zheng, R. Guo and W. Shen. 2011. Application of pebrine detection by PCR infected *Bombyx mori* eggs. *Advanced Materials Research*. pp. 8-12.
- Pang-chuan, W. and C. Da-chung. 1992. *Silkworm rearing*. FAO Agricultural Services Bulletin 73/2, Rome. 83 p.
- Patil, C.S. and M. G. Bai. 1989. Studies on the susceptibility of silkworm races to pebrine spore, *Nosema bornbycis* Naegeli. *J. Appl. Ent.* 108: 421-423
- Potrich M., L.F.A. Alves, R.C. Brancalhão, and G. Dalcin. 2007. Entomopatógenos associados a lagartas de *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) no estado do Paraná. São Paulo: *Arq. Inst. Biol.* 74(4): 363-367.
- Pranawaty, R. N., I. D. Buwono dan E. Liviawaty. 2012. Aplikasi *polymerase chain reaction* (PCR) konvensional dan Real Time PCR untuk deteksi White Spot Syndrome Virus pada kepiting. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 3(4): 61-74.
- Rahmathulla, V. K., 2012,. Management of Climatic Factors for Successful Silkworm. *Hindawi Publishing Corporation*, pp. 1-12.
- Rahmathulla, V.K., C.M.K. Kumar, B.S. Angadi and V. Divaprasad. 2012. Influence of weather factors on incidence and intensity of Microsporidiosis in silkworm (*Bombyx mori* L.). *Journal of Entomology*. 9(5): 266-273.
- Rao, S N., B.S. Nath, and B. Saratchandra, 2005. Characterization and phylogenetic relationships among microsporidia infecting silkworm, *Bombyx mori*, using inter simple sequence repeat (ISSR) and small subunit rRNA (SSU-rRNA) sequence analysis. *Genome*. 48(3): 355.
- _____, G. Bhuvanewari and S.R. Urs. 2007. Genetic diversity and phylogenetic relationships among microsporidia infecting the silkworm, *Bombyx mori*, using random amplification of polymorphic DNA: Morphological and ultrastructural characterization. *Journal of Invertebrate Pathology*. 96:193-204.
- Ravikumar, G., S.R. Urs, N.B.V. Prakash, C.G.P. Rao and K.V. Vardhana. 2011. Development of a multiplex polymerase chain reaction for the simultaneous detection of microsporidians, nucleopolyhedrovirus, and

- densovirus infecting silkworms. *Journal of Invertebrate Pathology*. 107: 193–197.
- Reddy, P.P. 2013. Impact of climate change on insect pest, pathogens and nematodes. *Pest management in horticultural ecosystems*. 19(2): 225-233.
- Reddy, N. M. and B. Nanjegowda. 2011. Changes in qualitative and quantitative traits in the bivoltine silkworm hybrid of *Bombyx mori* L. due to changing environmental conditions. *Scientia Acta Xaveriana An International Science Journal*. 2(2): 1-8.
- Ribeiro, L.F.C., D.B. Zanatta, J.P. Bravo, R.M.C. Brancalhão and M.A. Fernandez. 2009. Molecular markers in commercial *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) hybrids susceptible to multiple nucleopolyhedrovirus. *Genet. Mol. Res.* 8(1): 144-153.
- Rohrmann, G.F. 2008. *Baculovirus molecular biology*. Department of Microbiology Oregon State University. 154p.
- Sachse, K. 2002. Specificity and performance of diagnostic PCR assays. In: Sachse, K. and J. Frey (eds.). *Methods in molecular biology: PCR detection of microbial pathogens*. Vol. 216. Humana Press. 324 p.
- Saez, C.R.N., R.E.F. Munhoz, N.C. Pereira, T.S. Bignotto, V.A. Fassina, G.M. Pessini, L.B. Garay, L.F. Ribeiro, R.M.C. Brancalhao, and M.A. Fernandez. 2014. Detection of Contamination and Analysis of Vertical Transmission of *BmNPV* in Eggs and Moths of *Bombyx mori*. *Open Journal of Genetics*. 4: 370-377.
- Shapiro-Ilan, D. I., J. R. Fuxa, L. A. Lacey, D. W. Onstand and H. K. Kaya. 2005. Definitions of pathogenicity and virulence in invertebrate pathology. *Journal of Invertebrate Pathology*. 88: 1-7.
- Shapiro-Ilan, D.I., D.J. Bruck and L.A. Lacey. 2012. Principles of Epizootiology and Microbial Control. In: Vega, F.E., and H.K. Kaya (eds.). *Insect Pathology, Second edition*. Academic Press, London. pp. 29-72.
- Sharma, S. D., M. B. Subbaiah, A. M. Babu, S. N. Kumar and B. B. Bindroo. 2014. Impact of a new microsporidian infection on larval and cocoon parameters of the silkworm, *Bombyx mori* L. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*. 4(1): 82-87.
- Singh, T and B. Saratchandra. 2003. Microsporidian disease of the silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). *Int. J. Indust. Entomol.* 6(1): 1-9.

- Singh, T. and S. Saratchandra. 2004. Principles And Techniques Of Silkworm Seed Production. *Discovery Publishing House*. 369 p.
- Singh, D.P. and A. Singh. 2005. Disease and Insect Resistance in Plant. Enfield, NH, USA: *Science Publishers*. 423 p.
- Singh, T., M. M. Bhat, and M. A. Khan. 2012. Review Article. Microsporidiosis in the Silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 35(3): 387-406.
- Smith, J. E. 2009. The ecology and evolution of microsporidian parasites. *Parasitology*. Cambridge University Press. 136: 1901–1914. doi:10.1017/S0031182009991818.
- Smith, K. M. and A. Lauffer, 1953. *Advances In Virus Research Academic Press Inc.* New York. I: 93-131.
- Solter, L. F., J. J. Becnel and D. H. Oi. 2012. *Microsporidian Entomopathogens*. In: Vega, F. E., and H. K. Kaya (eds.). *Insect Pathology*. Second edition. Academic Press, San Diego. 2 (89), 221-263.
- Solter, L. F., 2014. Epizootiology of microsporidiosis in invertebrate hosts. In: Weiss, L. M. and J.J. Becnel (Eds.). *Microsporidia pathogens of opportunity*. Wiley Blackwell, Iowa. pp.165-194.
- Span, M., M. Verblakt and T. Hendriks. 2013. Thermocycler calibration and analytical assay validation. In: Nolan, T. and S. A. Bustin (eds). *PCR Technology current innovations*. Third Edition. CRC Press. Boca Raton. p. 125-142.
- Steinhaus, E. A., 1963. *Insect Pathology and Advanced Treatise*. Department of California. Academic Press, London. 1: 382 – 400.
- Subbaiah, E. V., C. Royer, S. Kanginakudru, V. V. Satyavathi, A. S. Babu, V. Sivaprasad, G. Chavancy, M. DaRocha, A. Jalabert, B. Mauchamp, I. Basha, P. Couble, and J. Nagaraju. 2012. Engineering silkworms for resistance to baculovirus through multigene RNA interference Genetics. *Advance Online Publication*. 10.1534/genetics.112.144402.
- Swiss Silk Producers Association. 2013. Swiss Silk. *Country Report 2013 in 6th Bacs International Conference Building Value Chains in Sericulture*. Padua, Italy. April 7th-12th 2013.
- Tajima, Y. 1972. *Handbook of silkworm rearing*. Fuji Publishing Co., LTD. Tokyo. Japan.: 319 p.

- Tanada, Y and H.S. Kaya, 1993. *Insect Pathology*. Academic Press. Inc., Toronto. 666 p.
- Tarigan, D., A.M. Fauzi, Sukardi, A. Suryani dan M. Kaomini. 2008. Strategi pengembangan agroindustri sutera alam melalui pendekatan klaster. *J. Tek. Ind. Pert.* 20(1): 39-47.
- Tazima, Y. 1978. *The Silkworm, an Important Laboratory tool*. Tokyo, Japan: Kodansha. 307 p.
- Tekin, O. K., D. Sezer, K. Soganci and R. I. Tunca. 2014. Molecular and microscopic detection of microsporidia in some silkworm (*Bombyx mori* L.) populations in Turkey. *Turkish Journal of agricultural and natural sciences*. 1(4): 450-453.
- Thomas, S.R., Elkinton, J.S., 2004. Pathogenicity and virulence. *J. Invertebr. Pathol.* 85: 146-151.
- Tong, L., X. Yu and H. Liu. 2011. Insect food for astronauts: gas exchange in silkworms fed on mulberry and lettuce and the nutritional value of these insects for human consumption during deep space flights. *Bulletin of Entomological Research*. 101(05): 613-622.
- Travelchinaguide. 2015. Guangzhou Weather. Tanggal akses 6 Desember 2015. <http://www.travelchinaguide.com/climate/guangzhou.htm>.
- Tu, Z., Q. Liu and Y. Wan. 2011. Reduced infectivity and environmental resistance of microsporidian *Nosema bombycis* after spore wall proteins-removal treatment. *African Journal of Microbiology Research*. 5(30): 5319-5324.
- Vanderplank, J. E. 1984. *Disease resistance in plant (Second edition)*. Academic Press, Inc. Orlando, Florida. 194p.
- Vialard, J.E., B.M. Arif and C.L.D. Richardson. 1995. Introduction to the Molecular Biology of Baculoviruses. In: Richardson (ed). *Methods in Molecular Biology, Vol. 39*. Humana Press Inc. Totowa. 412 p.
- Wang, G., J. Zhang, Y. Shen, Q. Zheng, M. Feng, X. Xiang, X. Wu. 2015. Transcriptome analysis of the brain of the silkworm *Bombyx mori* infected with *Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus: A new insight into the molecular mechanism of enhanced locomotor activity induced by viral infection. *Journal of Invertebrate Pathology*. 128: 37-43.
- Wang, S., 1989. *Silkworm Egg Production, Volume 3*. Food & Agriculture Org. *FAO agricultural services bulletin*. 64 p.

- Watanabe, H. 1986. Resistance of the silkworm, *Bombyx mori*, to viral infections. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 15(2): 131–139.
- Watanabe, H. 2002. Genetic resistance of the silkworm, *Bombyx mori* to viral diseases. *Current science*. 83(4): 439-446.
- Wikipedia, 2015. Guangzhou. <https://en.wikipedia.org/wiki/Guangzhou>. Tanggal akses 6 Desember 2015.
- Xu, Y., and L.M. Weiss. 2005. The microsporidian polar tube: A highly specialised invasion organelle. *Blnt J Parasitol*. 2005 August. 35(9): 941–953. doi:10.1016/j.ijpara.2005.04.003.
- Yao, Q., M. W. Li, Y. Wang, W. B. Wang, J. Lu, Y. Dong and K. P. Chen. 2003. Screening of molecular markers for NPV resistance in *Bombyx mori* L. (Lep., Bombycidae). *Journal of Applied Entomology*. 127(3): 134–136.
- Yilmaz, M., C. Ozic and I. Gok. 2012. Principles of Nucleic Acid Separation by Agarose Gel Electrophoresis. In: Magdeldin, S. (ed). *Gel electrophoresis - principles and basics*. InTech. Janeza, Croatia. 376 p.
- Yue, Y., X. Tang, X Li, W. Yan, Q. Li, S. Xiao, X. Fu, W. Wang, N. Li and Z. Shen. 2015. Early responses of silkworm midgut to microsporidium infection – A Digital Gene Expression analysis. *Journal of Invertebrate Pathology*. 124: 6-14.
- Yup-lian, L. 1991. Silkworm Disease. Rome: *FAO Agricultural Services Bulletin 73/4*. 75 p.
- Zafar, B., S.A. Wani, M.A. Malik and M.A. Ganai. 2013. A review: Disease resistance in mulberry silkworm *Bombyx mori*.L. *Asian Journal of Science and Technology*. 4(11): 157-166.
- Zhang, P., J. Wang, Y. Lu, Y. Hu, R. Xue, G. Cao and C. Gong. 2014. Resistance of transgenic silkworm to BmNPV could be improved by silencing *ie-1* and *lef-1* genes. *Gene Therapy*. 21: 81-88.
- Zulkarnain, I. 2007. Industri persuteraan nasional peluang, tantangan dan kebutuhan. *Dinas Perindustrian dan Perdagangan Provinsi Sulawesi Selatan Temu Usaha Pengembangan Persuteraan Alam Nasional*. Makassar 11 – 13 Desember 2007.
- _____ 2010. Industri persuteraan nasional peluang, tantangan dan kebutuhan. *Dinas Perindustrian dan Perdagangan Provinsi Sulawesi Selatan*. Rakoord Teknis Persuteraan Alam Nasional. Makassar 26 – 27 Mei 2010.