

## EKOLOGI AL-QUR'AN (Menggagas Ekoteologi-Integralistik)

Fajar el-Dusuqy  
Pascasarjana UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
(Email: pengelana\_dnk@yahoo.com)

### **Abstract**

*Human claimed to have created and developed Science and Technology (IPTEK). However, negative implications emerged from the application of IPTEK have long caused ecologic crisis. Paradoxical relationship between human and nature, is caused by two paradigms of ecology which are growing since a long time ago, i.e. anthropocentric-exclusivism and cosmocentric-inclusivism. The two ecological paradigms create two major theories of ecology (the relation between human and nature): bio-ecosystem theory and geo-social system theory. The weakness of bio-ecosystem theory is the fact that this theory sees human as equal to other specieses. While the weakness of geo-social-system theory is that it has not been able to touch the issue about the existence of human not only as a social creature, but also as a spiritual one. In this context, the study of ecology by Qur'anic approach using thematic method informs us about the significance of the concept of spiritual values in the relationship between human and nature. Therefore, a new theory is needed to complement the already existing ones. This theory can be called meta-social-system theory, or theo-anthropocentric-integralistic theory. This theory becomes the basic foundation of theological ecology, or integralistic ecotheology.*

**Kata kunci:** Ekologi, Lingkungan, al-Qur'an, Ekoteologi, dan Integralistik.

### **A. Krisis Ekologi: antara Pesimistik dan Optimistik**

Salah satu skenario dalam rangka studi masa depan (*futureology*) adalah skenario sehat, humanistik, dan ekologi (SHE), yang telah ditawarkan oleh James Roberston dalam bukunya, *The Sane Alternative: A Choice of Future* (Roberston, 1983: 15). Dalam skenario ini, Roberston menekankan perlunya keseimbangan (*equilibrium*) dalam diri manusia secara pribadi, dengan orang lain, dan antara manusia dengan alam dalam menghadapi masa depan yang penuh tantangan. Skenario ini sangat menarik, karena menempatkan ekologi sebagai bagian terpenting, selain masalah HAM, Jender, Kebebasan, dalam menghadapi kehidupan manusia di masa depan. Ini berarti ekologi sebagai kehidupan yang di dalamnya terdapat keharmonisan hubungan dan kesatuan manusia, dengan unsur-unsur kehidupan kosmologinya, harus menjadi titik tolak dan orientasi bagi kehidupan masa depan (Arifin, 1994: 90).

Masalah ekologi ini menjadi penting, sebab di awal abad ke-21 ini, manusia dihadapkan pada banyak persoalan, dan semua persoalan yang dihadapi tersebut bermuara pada masalah krisis ekologi. Dikatakan demikian, karena masalah ekologi pada dasarnya merupakan akumulasi dari masalah kemanusiaan lainnya, seperti implikasi-implikasi etis dan teknis dari perkembangan

ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK). Jika perilaku ekologis manusia sebelumnya bersifat etis dan estetik, yang diwujudkan dengan upaya menjaga keharmonisan manusia dengan lingkungannya, maka yang terjadi dalam perkembangan selanjutnya, terutama pada masa industri, dengan ditandai oleh kemajuan IPTEK, maka perilaku manusia terhadap ekologi cenderung *pragmatis* dan *teknokratis*. Di sinilah berlaku dua logika yang paradoksial, di mana di satu sisi manusia dituntut untuk mengembangkan IPTEK, namun di sisi lain juga dituntut untuk menjaga kelestarian lingkungan.

Akibat-akibat yang ditimbulkan oleh IPTEK (Baiquni, 1990: 12), dengan mengeksploitasi ekologi, semakin memperburam wajah peradaban modern. Haidar Bagir misalnya (Bagir, 1988: 34-37), memberikan pandangan yang ilustratif tentang akibat-akibat yang ditimbulkan oleh IPTEK. Sedikitnya ada tiga akibat dapat disimpulkan dari ulasan tersebut, yakni akibat psikologis, akibat rasionalis, dan akibat ekologis. Masyarakat dunia, bahkan di akhir abad ke-20, telah mengadakan Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) Bumi (*Earth Summit*) yang diadakan di Rio de Janeiro pada 3-14 Juni 1992 yang lalu, sebagai bukti betapa masalah ekologi telah menjadi perhatian dan keprihatinan global manusia. Dan yang baru-baru ini, adalah KTT Global Warming, yang diadakan di Bali, Indonesia. Sebab, beberapa gejala yang dapat dijadikan sebagai indikator adanya krisis ekologi ini, yang terpenting adalah semakin panasnya suhu bumi (Toruan, 1990: 24).

Bagaimanakah cara seharusnya untuk memikirkan masalah krisis ekologi tersebut di atas? Demikianlah pertanyaan Virginia Held, ketika membahas masalah lingkungan dan masa depan, dalam bukunya *Rights and Goods: Justifying Social Action* (Held, 1989: 2). Hingga kemudian terjadi silang pendapat antara pihak yang pesimistik dan optimistik. Ronald Higgins misalnya, sebagaimana dikutip oleh Arifin (Arifin, 1994: 95), sampai pada pernyataan yang pesimistik dalam menghadapi krisis ekologi ini. Ia mengatakan, "Tidak ada hari esok yang lebih baik di luar kesulitan-kesulitan yang kita hadapi sekarang". Senada dengan pesimisme Higgins adalah Robert L. Heibroner, seperti yang dinyatakan dalam bukunya, *An Inquiry into the Human Prospect* (Heibroner, t.t.: 23).

Meskipun pandangan pesimistik di atas didasarkan pada kenyataan empiris, namun pandangan demikian tidak dapat banyak diharapkan, karena dengan jelas mengabaikan kemampuan manusia sebagai *khalifah fi al-ard* (Rahardjo, 2002: 346-364). Selain itu, pandangan pesimistik telah menempatkan manusia pada keadaan yang deterministik dan fatalistik (Afrizal, 2006:28). Sementara itu James Robertson berpendapat sebaliknya, di mana ia optimistik dengan berpendapat, bahwa pandangan pesimistik di atas disebabkan karena kesalahan metodologis, yaitu estimasi yang didasarkan pada sumber daya alam yang diketahui (*known resources*).

Sebagai seorang muslim, tentu saja yang dipilih sikap yang optimistik. Konsekuensi dari pilihan ini adalah, akan membawa pada usaha-usaha untuk mencari alternatif-kreatif yang holistik, baik secara teknis maupun metodologis. Dengan tidak mengurangi penghargaan pada perspektif ekologis-sosiologis yang bersifat parsialistik-struktural dan fungsional (Alexander, 1987: 45), nampaknya perlu ditawarkan perspektif ekologis yang bersifat holistik-integral (Suryani, 1987: 13). Dengan tidak mengurangi penghargaan pada teori bio-ekosistem dan teori geo-sosial-sistem (Abdillah, 2001: 164-170), penulis akan menawarkan sebuah alternatif

teori, yang penulis sebut dengan teori meta-sosial-sistem, atau teori teo-antropo-kosmosentrik-integralistik, atau teori ekoteologi-integralistik. Sehingga hubungan yang tercipta tidak hanya linear, antara manusia dengan lingkungannya atau alamnya saja, tetapi juga hubungan holistik-integralistik, antara Tuhan (spiritual), manusia (rasional), dan alam (empirikal).

Fritjof Capra misalnya, dalam bukunya yang berjudul, *The Turning Point: Science, Society, and the Rising Culture* menyatakan (Capra, t.t.: 54), bahwa malapetaka yang terjadi di muka bumi saat ini, seperti kerusakan ekologis yang terjadi akibat perkembangan IPTEK, disebabkan oleh tidak disertainya IPTEK dengan wawasan spiritual (agama). Karena itu Capra mengajak para ilmuwan untuk meninggalkan paradigma ilmu pengetahuan yang terlalu menekankan aspek materi-positivistik, untuk menuju paradigma pengetahuan yang bersifat holistik-integralistik, di mana pada dataran ini, masalah keagamaan dan agama (Islam), serta nilai-nilai etika spiritual dalam ajaran agama (al-Qur'an), menjadi sangat penting untuk dikedepankan, dan terus menerus dikaji secara mendalam.

## B. Ekologi dan Lingkungan

Dilihat dari sejarahnya, ekologi dikembangkan pertama kali oleh Ernest Haeckel dalam kerangka disiplin keilmuan biologi (Odum, 1991: 29). Karena itu ekologi sering disebut sebagai cabang dari biologi pada masa awal-awal sejarah perkembangannya, yang membahas tentang ekosistem (Suroyo, 2003: 49-51). Tentu saja ikhwal ekologi semacam ini akan membawa implikasi epistemologis tertentu, yaitu persoalan ekologi dilihat dalam kenyataannya yang bercorak fisika semata. Inilah barangkali yang disebut dengan wawasan "ekologi dangkal" (*shallow ecology*). Baru belakangan ini terdapat ketidakpuasan terhadap perspektif ekologi dangkal ini, yang kemudian melahirkan perspektif ekologi baru apa yang disebut "ekologi dalam" (*deep ecology*), yang dikembangkan oleh Rudolf Bahro, sebagaimana yang dikutip oleh Arifin (Arifin, 1994: 96). Ekologi ini mencoba memberikan wawasan atau orientasi lingkungan hidup manusia dengan basis metafisis dan spiritual yang dalam dan kokoh.

Secara etimologis, kata *ekologi*, *ecology*, berasal dari bahasa Yunani, yakni gabungan dari dua kata, *oikos* yang berarti *rumah tangga* dan *logos* yang berarti *ilmu* (Soemarwoto, 1994: 22). Oleh karena itu, secara etimologis, ekologi dapat dikembangkan artinya menjadi *ilmu yang mempelajari tentang seluk beluk di rumah, termasuk proses dan pelaksanaan fungsi dan hubungan antar komponen secara keseluruhan*, sedangkan secara terminologis, ekologi adalah *ilmu yang mengkaji tentang proses interrelasi dan interdependensi antar organisme dalam satu wadah lingkungan tertentu secara keseluruhan*. Pada perkembangan selanjutnya, ekologi kurang menarik perhatian para ilmuwan, karena ekologi dianggap ilmu murni yang terlalu general dan kurang bermanfaat. Hanya saja, setelah terjadi krisis lingkungan dan dilaksanakan konferensi internasional tentang lingkungan hidup di Stockholm pada tahun 1972, barulah ekologi menarik perhatian semua pihak, baik ilmuwan, politikus, terlebih kaum agamawan (Abdillah, 2006: 30).

Jika ekologi adalah ilmunya, maka ekosistem lingkungan atau *enviorenment* adalah objek ilmunya. Secara umum, masyarakat ekologi memahami bahwa yang dimaksud dengan



lingkungan adalah keseluruhan perikehidupan di luar suatu organisme, baik berupa benda mati (abiotik) maupun benda hidup (biotik). Oleh karena itu, ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan sesamanya, atau dengan makhluk mati di sekitarnya disebut dengan ekologi. Dengan demikian, pada dasarnya ekologi merupakan ilmu murni yang mempertanyakan, menyelidiki dan memahami prinsip dasar bagaimana alam bekerja, bagaimana keberadaan makhluk hidup dalam sistem kehidupan. Hasil jawaban dari pertanyaan-pertanyaan tersebut kemudian diabstraksikan dan dirumuskan dalam berbagai doktrin ekologi yang lazim disebut asas dasar ekologi (Soeriaatmadja, 1981: 13-31).

Meskipun masyarakat ekologi, *ecologist society*, yakni masyarakat ekologi teoritis menyadari bahwa lingkungan hakikatnya mencakup keseluruhan *biosphere* di luar suatu organisme, namun masyarakat pengelola lingkungan, *enviorenmentalist society*, yakni masyarakat ekologi aplikatif, cenderung mempersempit wacana lingkungan. Dalam masyarakat pengelola lingkungan, lingkungan telah lazim dimaksudkan sebagai kajian lingkungan hidup manusia, ekologi manusia, bukan ekologi dalam arti luas, meliputi lingkungan hidup semua organisme. Padahal, pengertian lingkungan hidup manusia telah tegas menunjukkan kepada suatu lingkungan jenis tertentu dalam pengertian umum tentang lingkungan. Oleh karena itu, jika ilmu lingkungan dimaksudkan bukan untuk lingkungan hidup manusia, maka lazim diberi predikat, seperti ekologi orang hutan dan ekologi hutan. Penyempitan pemaknaan lingkungan masyarakat pengelola lingkungan yang demikian, merupakan implementasi aplikatif prinsip dasar ekologi normatif, sehingga ekologi menjadi ilmu terapan, *applied science* (Danasaputra, 1983: 62-63).

Penyempitan wacana lingkungan dalam ekologi terapan melahirkan suatu kenyataan, bahwa pendekatan ekologi adalah antroposentrisme (Chiras, 1985: 4), atau eko-antroposentrisme. Artinya, titik fokus kajian problem lingkungan selalu didasarkan pada nilai untung bagi kepentingan manusia, bukan eko-kosmosentrisme atau bahkan eko-teosentrisme, yaitu nilai untung bagi lingkungan itu sendiri, atau keuntungan pahala yang didapat dari Tuhan. Akibatnya, problem lingkungan yang tidak memberi keuntungan bagi manusia akan diterlantarkan, tidak diacuhkan bahkan akan dikesampingkan. Dengan demikian, ekologi antroposentrisme adalah ekologi arogan, bukan ekologi santun yang utuh yang berperikemakhlukan. Pendekatan antroposentrisme dalam ekologi mengacu pada satu keyakinan sosial masyarakat lingkungan, bahwa manusia adalah makhluk elit, eksklusif, istimewa, dan *super being*. Organisme di luar manusia diciptakan dan disediakan untuk kepentingan dan kebutuhan manusia. Karena itu, spesies selain manusia tidak penting untuk diperhatikan. Secara linier, pendekatan antroposentris ekologi memudahkan jalan bagi manusia untuk mengeksploitasi lingkungan dan melegitimasi kekuasaan absolut manusia terhadap lingkungan.

Pendekatan antroposentrisme dalam ekologi yang demikian merupakan implikasi dari pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK), yang antroposentris, eksploitatif, dan tidak bersahabat dengan lingkungan (Jacob, 1989: 69). Lahir dan berkembangnya IPTEK yang antroposentris dilatarbelakangi oleh keyakinan sosial bahwa lingkungan dan sumberdaya alam harus ditaklukkan dan dieksploitasi untuk mencapai kemajuan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidup, dan mewujudkan kesejahteraan serta kebahagiaan manusia. Keyakinan seperti



ini sebagai antitesis dari keyakinan sosial agama lokal, mitos, masyarakat tradisional tentang lingkungan (Geertz, l.t.: 97). Masyarakat tradisional cenderung bersahabat, dan bahkan sangat hormat terhadap lingkungan, dengan selalu menjaga keselarasan dan hidup berkeselamatan dengan lingkungan, *equilibrium society*.

Berbeda dengan masyarakat tradisional (*turas*), masyarakat modern (*tajdid*) yang berbasis IPTEK berkeyakinan (ber-teologi-kan), bahwa jika manusia ingin maju dan sejahtera, mereka harus mampu membebaskan dirinya dari keyakinan tradisional (*turas*), yakni tunduk dan dikuasai oleh alam. Manusia harus mengganti keyakinan tradisional (teologi klasik) tersebut dengan keyakinan baru (teologi modern). Fokus keyakinan baru tersebut adalah, alam harus dikuasai dan ditaklukkan guna memenuhi kebutuhan dan kebahagiaan serta kesejahteraan manusia. Kesadaran baru ini mendorong lahir dan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi yang antroposentris secara pesat sejak abad XVII yang lalu (Ali, 1984: 53). Di sisi lain, ternyata IPTEK membawa dampak negatif berupa kerusakan lingkungan, sehingga menimbulkan lingkungan bermasalah yang cukup serius. Dengan demikian, pengembangan dan penggunaan IPTEK yang antroposentris dan eksploitatif terhadap lingkungan, justru merentankan terjadinya kemerosotan daya dukung lingkungan bagi kehidupan manusia sendiri dan kehidupan spesies lainnya. Dengan kata lain, ekologi antroposentris dapat memberikan ancaman bagi kesejahteraan manusia dan kelestarian lingkungan, sehingga perlu digagas sebuah paradigma baru, semisal ekologi kosmosentris atau ekologi teosentris, atau bahkan ketiganya sekaligus, yaitu eko-teo-antropo-kosmosentrik-integralistik.

### C. Ekologi dan Agama

Mengaitkan persoalan ekologi dengan agama, merupakan pemikiran yang menarik dan menantang, karena agama seringkali dipandang sebagai ajaran yang hanya memberikan petunjuk-petunjuk kehidupan yang ritualistik dan normatif. Sebelumnya, dalam diskursus ekologi sebagai disiplin keilmuan, agama tidak begitu mendapatkan tempat, paling tidak sebagai acuan pendekatan dalam melihat persoalan ekologi. Dengan demikian, pertama-tama yang harus dilakukan dalam mencari keterkaitan antara agama dan ekologi adalah persoalan paradigmatis. Meskipun telah terjadi semacam perkembangan diskursus ekologi dengan diupayakannya adanya "ekologi dalam", namun harus tetap diakui bahwa paradigma ekologi positivistik masih tetap dominan, seperti terlihat pada pendekatan struktural dalam menangani persoalan ekologi. Paradigma ini, seperti telah dikatakan, melihat persoalan ekologi semata-mata sebagai persoalan alamiah-empiris, yang tidak banyak terkait dengan persoalan imaniah-spiritualis.

Dalam kerangka pandang seperti di atas, yaitu alamiah-empiris saja, eksplorasi dan eksploitasi alam yang dilakukan umat manusia terlepas dari pertimbangan-pertimbangan spiritual yang justru akan membimbing manusia "bagaimana seharusnya" (*das sollen*) memperlakukan alam. Jika kemudian eksplorasi dan eksploitasi alam menimbulkan persoalan ekologis, semua itu dianggap bukan sebagai persoalan etis-spiritual, tetapi semata faktor alamiah dan teknis belaka, sebagaimana yang tampak dalam pandangan *environmentalism* Barat. Pandangan ini didasarkan pada asumsi bahwa krisis ekologis muncul karena masuknya zat asing dalam

lingkungan alam melewati kemampuan alamiahnya mengatasi persoalan. Maka solusi yang ditawarkanpun bersifat teknis, tidak substansialis, dan hanya mengandalkan instrumen-instrumen teknis ilmu pengetahuan dan teknologi saja, bukan nilai-nilai agama.

Meskipun pandangan *environmentalisme* Barat di atas tidak sepenuhnya dapat disalahkan, namun semata-mata melihat persoalan ekologi sebagai persoalan yang bersifat teknis alamiah saja merupakan pandangan yang parsialistik, tidak integralistik. Sebab, masalah yang lebih fundamental, baik karena sifat dan pengaruhnya, yaitu pandangan dasar manusia (*weltanschauung*) (Mahzar, 2004: 6) tentang diri dan lingkungan alamnya, tidak disentuh sama sekali. Padahal menurut Daniel B. Batkin dan Edward A. Keller dalam bukunya, *Environmental Studies: The Earth as Living Planet* (Keller, 1982: 82), setiap manusia mempunyai seperangkat kepercayaan sebagai kerangka dasar pandangannya dalam melihat fenomena alam semesta. Dengan kepercayaan ini, kata Gregory Bateson, dalam karyanya *Step to An Ecology of Mind* (Bateson, 1972: 72), manusia itulah yang “menciptakan” alam. Dengan ini jelas bahwa persoalan ekologi secara fundamental berakar dari pandangan dasar manusia yang dijadikan acuan dalam memperlakukan alam. Dengan demikian, persoalan ekologi bukan semata-mata persoalan teknis-instrumentalis-empiris, tetapi juga persoalan yang bersifat etis-substansialis-spiritualis.

Selanjutnya, dalam mencari keterkaitan antara ekologi dengan agama, adalah persoalan yang terdapat dalam agama itu sendiri, baik yang berhubungan dengan kerangka doktrinal agama, maupun realitas empirik agama yang seringkali memberikan gambaran buram akibat tidak adanya pertautan yang signifikan antara kekayaan doktrinal dengan kenyataan empiriknya. Agaknya persoalan inilah yang seringkali mendatangkan banyak keraguan dari pihak lain, apabila agama ingin dijadikan alternatif paradigma menghadapi persoalan ekologi. Dari Marxisme misalnya, sebagaimana dikutip oleh Arifin (Arifin, 1994: 97), terlepas dari keseluruhan pandangannya terhadap agama yang bernada minor, namun terdapat pandangan kritis dari kalangan ini. Menurut mereka, persoalan ekologi sesungguhnya bersumber dari agama Kristen yang terlalu antroposentrik dalam menempatkan manusia di tengah-tengah realitas kosmologis.

Pernyataan Lynn White Jr. misalnya, sebagaimana juga dikutip oleh Arifin, bahkan lebih provokatif lagi. Ia menyatakan bahwa akar masalah ekologi sekarang ada pada etika Judeo-Kristen. Dengan pandangan Bibel yang menempatkan manusia “di atas” (*'ala*) alam, seperti dalam Kitab Kejadian, White menganggap Kristen telah mendorong timbulnya etika ekologi yang eksploitatif. Atas pandangan ini, White kemudian begitu yakin bawa Kristenlah yang harus bertanggungjawab atas terjadinya kerusakan lingkungan, karena akar krisis ekologi sudah tercantum dalam bab pertama Kitab Kejadian.

Meskipun suatu doktrin agama tentang ekologi (teologi ekologi) memberikan pandangan sebaliknya-tidak seperti dalam pandangan di atas, yaitu pandangan teologis yang menempatkan manusia dalam kesejajaran dengan makhluk lainnya-tidak berarti menjamin lahirnya suatu realitas ekologis yang harmonis penuh keseimbangan (*equilibrium*). Sayyed Hossein Nasr misalnya (Nasr, t.t.: 45), memberikan contoh di dunia Islam. Menurut Nasr, dalam tataran operasional yang berhubungan dengan penyediaan infrastruktur ekologi yang Islami, dunia Islam tidak lebih berhasil dalam menghindari krisis ekologis, meskipun secara religius tampak jelas sikap positif Islam terhadap alam. Dewasa ini dalam dunia Islam bisa ditemukan tanda-tanda adanya

akar krisis ekologis yang mendasar dan amat mencolok di hampir setiap negara, misalnya penggundulan hutan besar-besaran yang terjadi di Indonesia.

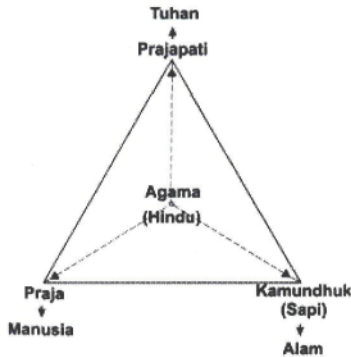
Jika ditelaah sampai pada akar-akar persoalannya, krisis ekologi yang muncul dalam kehidupan umat manusia, sesungguhnya bersumber dari adanya dominasi manusia atas alam, yang diwujudkan dengan pengembangan bidang ilmu pengetahuan dan teknologi dalam rangka eksplorasi dan eksploitasi alam untuk kepentingan manusia. Ilmu pengetahuan dan teknologi yang dikembangkan atas asumsi dominasi manusia atas alam, telah melahirkan dua wujud yang sama-sama cenderung destruktif, yaitu melahirkan wujud ilmu pengetahuan dan teknologi yang angkuh (Nasr, 2002: 231).

Adanya wujud ilmu pengetahuan dan teknologi yang demikian yang selanjutnya berpengaruh pada kondisi ekologi manusia-secara historis dan filosofis, sesungguhnya berakar pada pandangan kefilosofatan Barat yang menempatkan manusia sebagai segala-galanya. Pandangan seperti ini merupakan tipikal pandangan rasionalisme dan humanisme Barat. Adalah Rene Descartes sebagai peletak dasar pemikiran filosofis ini, yang pada dasarnya memperkokoh kembali logika Aristotelian. Paradigma Cartesian berdiri di atas adagium *cogito ergo sum* (*I Think, therefore I am*) (Jika aku berfikir maka aku ada). Menurut Ignas Kleden, pandangan filsafat tersebut di atas melahirkan dua akibat yang teramat mendasar (Kleden, 1987: 23); *Pertama*, unsur *cogito* menjadi demikian penting dan mendapat kedudukan tinggi. *Kedua*, unsur *ergo* menjadi sangat dominan. Seluruh usaha berfikir manusia bukan untuk membuktikan ada yang lain (*the other being*), tetapi yang paling utama untuk membuktikan adanya sang *ego*. Berpikir selalu dihubungkan dengan kepentingan *ego* dan kepentingan hal-hal lain yang ditentukan oleh *ego* tersebut. Karena telah menempatkan *ego* pada tempat yang paling utama, oleh filsuf modern, Descartes dituduh telah membangun *egologi*, yaitu filsafat yang bertolak dari *ego* (manusia) dan berakhir pada *ego* (*antroposentrisme*) (Freud, 1984:88). Ekologi (lingkungan) yang dibangun dengan *egologi* (ke-Aku-an), akan menciptakan ketidakharmonisan dan ketidaksinambungan alam.

Sebagai sumber ajaran yang perenialistik, agama (agama-agama) mengajarkan hubungan yang harmonis antara manusia dan alam. Semua agama pada dasarnya mempunyai visi perenial yang berhubungan dengan pemeliharaan alam kosmik. Dengan semangat toleransi ekumenis-meminjam istilah Peter L. Berger-ditegaskan bahwa semua agama berhak berbicara masalah ekologi. Dapat dicontohkan di sini adalah pandangan dunia Hindu yang menekankan keharmonisan hidup antara manusia dan alam. Pandangan dunia Hindu didasarkan pada hubungan timbal balik antara *prajapati*, *praja*, dan *kamanduk* (Darmayasa, 1993: 11). *Prajapati* adalah Tuhan sebagai raja alam semesta, *praja* adalah manusia, makhluk hidup yang paling lengkap karena memiliki tri pratama, yaitu *sabda*, *bayu*, dan *idep* (suara, tenaga, dan pikiran). Sementara itu *kamandhuk* adalah sapi, mitos dalam agama Hindu yang sering digunakan sebagai simbol alam semesta atau simbol bumi. Bumi yang ditempati manusia, binatang dan tumbuh-tumbuhan merupakan sumber kehidupan manusia yang perlu dijaga keharmonisannya. Dalam agama Hindu, keharmonisan antara manusia dengan alam, merupakan landasan untuk menuju pada keharmonisan yang tertinggi, yaitu Tuhan Yang Maha Esa. Dengan kata lain, ajaran agama (Hindu) misalnya, sebenarnya telah mengajarkan paradigma ekologi yang terintegralistik,



antara Tuhan, Manusia, dan Alam, atau sebuah paradigma ekologi yang lebih bersifat spiritualistik, tidak hanya positivistik. Penjelasan di atas dapat digambarkan sebagai berikut:



Jika akar persoalan pencemaran lingkungan misalnya, adalah dominasi paradigma ekologi yang positivistik terhadap alam, maka upaya yang perlu dilakukan sekarang adalah, mendialogkan, atau bahkan mengintegrasikan antara paradigma ekologi yang bersifat positivistik, dengan ekologi yang bercorak spiritualistik. Menurut Sayyed Hossein Nasr (Nasr, t.t.: 34), Barat (Kristen), sekarang, telah melakukan rekonstruksi bidang teologi (ekologi) ke arah teologi yang menempatkan manusia sebagai “bagian” (*min*), bukan lagi sebagai penguasa yang ada “di atas” (*’alā*) alam. Sementara di lingkungan dunia Islam perlu diupayakan penciptaan infrastruktur yang mendorong terealisasinya doktrin-doktrin ekologi yang telah ada. Pembahasan di bawah ini selanjutnya mencoba mengelaborasi kembali konsepsi (teologi) ekologi dalam agama (Islam), dengan menyertakan pula analisis makna (tafsir al-Qur’an) substansialisnya.

#### D. Ekologi dan Al-Qur’an

Islam sebagai agama dengan misi universalnya, memberikan rahmat untuk semesta alam (*rahmatan li al-’alamin*) (Q.S. Al-Anbiya’: 107) telah memberikan pandangan yang sistematis tentang Tuhan, Manusia, dan Alam. Dapat dikatakan bahwa tema pokok al-Qur’an (*Major Themes of the Qur’an*) berkisar pada tiga persoalan ini, dengan segala dialektika hubungan antar ketiganya (Rahman, 1980: 34). Dengan adanya penjelasan tentang tiga persoalan di atas, maka tidaklah salah jika dikatakan bahwa Islam mengandung kerangka dasar etika ekologi yang relevan. Persoalannya terletak pada seberapa jauh kreativitas intelektual umat Islam, dalam mengelaborasi lebih dalam dan serius suatu kajian etik yang universal. Dan yang paling penting, memadukannya dalam persoalan yang lebih operasional, sehingga pesan Islam tidak berhenti di langit suci.

Secara paradigmatis, hubungan Tuhan, Manusia, dan Alam, terletak dalam doktrin Islam tentang *tawhid*. Doktrin *tawhid* inilah yang menjadi-seperti dikatakan Ismail Raji al-Faruqi dalam bukunya, *Tawhid: Its Implication for Thought and Life* (Faruqi, 1982: 56) -

pandangan dunia (*weltanschauung*) yang memberikan penjelasan secara holistik tentang realitas. Dalam pandangan *tawhid* terdapat tiga prinsip penting tentang realitas; *Pertama*, dualitas, yaitu setiap realitas selalu terdiri dari pasangan dualitas, dan keduanya saling membutuhkan, misalnya langit dan bumi, siang dan malam, serta manusia dan alam. *Kedua*, ideasionalitas, bahwa segala ketentuan Allah yang aksiomatik berupa hukum alam, mengikuti hukum sunnatullah. *Ketiga*, teologi, bahwa pandangan ideasional bukanlah bersifat positivistik atau materialistik. Pandangan ini jelas-jelas bertentangan dengan prinsip *tawhid* yang memandang realitas bersifat teleologis, yang mempunyai tujuan, rancangan (Q.S. Ali 'Imran: 191). Dalam al-Qur'an dijelaskan, bahwa realitas tidak diciptakan dengan sia-sia, tetapi justru mempunyai tujuan yang universal (Q.S. As-Sajadah: 7).

Dalam literatur agama Islam, konsep lingkungan (*ecologius*) dalam kajian ilmu ekologi, diperkenalkan oleh al-Qur'an dengan beragam istilah. Untuk seluruh spesies dengan istilah *al-'alamin* (Dzar, 1994: 19), lingkungan atau *bi'ah* (Ma'luf, t.t.: 27-31), dan bumi atau *ardun*. Dalam tulisan ini hanya dikaji tentang istilah yang terakhir saja, yaitu terma *ardun* yang bermakna bumi. Secara kualitas, kata *bumi*, atau *ardun* digunakan dalam al-Qur'an sebanyak 463 kali, baik muncul secara sendirian atau digabungkan dengan kata tugas (Al-Baqi, 1981: 32-36). Kata *ardun* memiliki dua variasi makna; *Pertama*, bermakna lingkungan planet bumi yang sudah jadi dengan konotasi tanah sebagai ruang tempat organisme atau jasad renik, wilayah tempat kehidupan manusia dan fenomena geologis. *Kedua*, bermakna lingkungan planet bumi dalam proses menjadi, yakni proses penciptaan dan kejadian planet bumi. Untuk kepentingan perumusan konsep lingkungan tampaknya konotasi yang pertama, yakni lingkungan bumi yang sudah jadi, dapat membantu dan mempertegas konsep. Sementara itu untuk kata *ardun* dalam konotasi proses penciptaan lingkungan lebih tepat jika digunakan untuk kepentingan kajian filosofis. Oleh karena itu, yang perlu dicermati lebih lanjut adalah kata *ardun* yang berkonotasi *bumi* sebagai lingkungan yang sudah jadi.

Adapun penyebaran ayat ekologis yang menggunakan kata *ardun* dengan berbagai konotasinya dalam al-Qur'an adalah sebagai berikut: *Pertama*, berkonotasi ekologi bumi (Q.S. Al-Baqarah: 164). *Kedua*, berkonotasi lingkungan hidup (Q.S. Al-Baqarah: 22). *Ketiga*, berkonotasi ekosistem bumi (Q.S. An-Nahl: 15). *Keempat*, berkonotasi daur ulang dalam ekosistem bumi (Q.S. Al-Hajj: 5). Berdasarkan data makna semantik kata *ardun* yang terungkap dalam al-Qur'an di atas, maka terdapat indikasi kuat bahwa kata *ardun* dalam al-Qur'an dijadikan sebagai salah satu terma guna memperkenalkan istilah *lingkungan* dalam disiplin ilmu ekologi. Dengan demikian, cukup kuat untuk menyatakan bahwa salah satu konsep lingkungan dalam al-Qur'an diungkapkan dengan menggunakan terma *ardun*. Hal ini paralel dengan tradisi masyarakat ekologis yang lazim menggunakan istilah lingkungan untuk arti planet bumi. Dengan kata lain, masyarakat ekologi lazim memahami istilah lingkungan sebagai ungkapan lain dari istilah planet bumi (Abdillah, 2006: 47).

## E. Eko-Teologi Integralistik

### 1. Hubungan Struktural (Individual)

Jika dikaji dengan pendekatan struktural ekologis, maka hubungan struktural antara manusia dengan lingkungan telah mengalami evolusi, dari tahap ekosentris, transisional, antroposentris, hingga tahap holistik (Salim, 1986: 35). Tahap *pertama*, pada mulanya dalam hubungan dengan lingkungan manusia masih bersifat alami, karena manusia merasa bahwa lingkungan merupakan pusat segala-galanya, manusia merupakan bagian (*min*) dari lingkungan. Pandangan seperti ini dapat disebut sebagai pandangan *ecocentrisme* (Danusaputra, 1983: 70). Artinya, seluruh komponen lingkungan harus serempak menjadikan lingkungan sebagai muara segala aktivitasnya. Manusia merupakan bagian kecil lingkungan yang harus tunduk pada sunnah lingkungan, sebab manusia adalah bagian dari lingkungan. Pakar lain menyebut pandangan pada tahap ini dengan istilah *inclusivisme* (Suryani, 1983: 2). Maksudnya, manusia merupakan mikrokosmos dan lingkungan adalah makrokosmosnya. Sistem teologi ekosentrisme atau inklusivisme di satu sisi dapat berimplikasi pada pembentukan masyarakat yang seimbang dalam hubungannya dengan lingkungannya. Namun di sisi lain, teologi ini membentuk masyarakat yang sulit diajak maju.

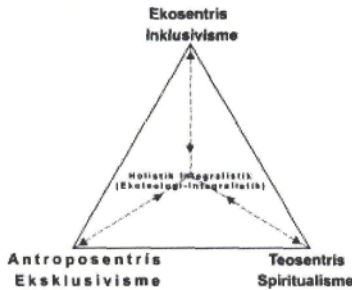
Tahap *kedua*, pada tahapan ini manusia merasa bahwa dalam hubungan dengan lingkungan manusia perlu menggunakan perangkat bantu ('*an*). Hal ini disebabkan oleh meningkatnya pengetahuan manusia tentang lingkungan selaras dengan laju peningkatan kebutuhan hidupnya. Pada tahapan ini dapat disebut sebagai tahapan transisionalisme atau tahapan *inclusivisme plus*. Artinya, manusia sudah merasa bukan lagi sebagai bagian integral dari lingkungan secara penuh. Akan tetapi di sisi lain, manusia juga tidak merasa sebagai bagian di luar lingkungannya. Pandangan teologi transisionalisme dapat berimplikasi pada terbentuknya perilaku masyarakat yang ambigu.

Tahap *ketiga*, pada tahap ini manusia merasa dirinya bukan lagi sebagai bagian dari lingkungan, melainkan sebagai bagian di luar lingkungan ('*ala*). Pandangan seperti ini disebut dengan pandangan *exclusivisme*. Dengan ungkapan lain, manusia merasa dirinya sebagai makhluk yang istimewa, *super being*, dan sebagai penguasa yang absolut terhadap lingkungan. Pandangan seperti ini lebih lazim disebut dengan pandangan *anthropocentrisme*. Pandangan ini ditandai dengan berkembangnya masyarakat industri yang menguasai ilmu pengetahuan dan teknologi, IPTEK. Pandangan antroposentrisme ini menimbulkan sikap eksploitatif terhadap lingkungan. Dengan demikian, ideologi antroposentrisme dapat dikatakan sebagai akar teologi terjadinya pencemaran dan kerusakan lingkungan.

Tahap *keempat*, pada tahap ini manusia merasa bahwa di satu sisi dirinya memang merupakan bagian integral dari lingkungan (*fi*), tetapi di sisi lain manusia juga menyadari dirinya memiliki kelebihan berupa akal. Pandangan manusia yang demikian dapat diidentifikasi sebagai ideologi holistic (Hadi, 1995: 10). Yaitu pandangan ideologi yang menyebutkan, bahwa potensi kebebasan yang dimiliki manusia bersifat bertanggung jawab. Ideologi holistik-integralistik menawarkan satu sistem kehidupan berkeimbangan yang menjadi prasyarat terwujudnya kehidupan berkelanjutan. Ideologi holistik-integralistik menjanjikan



kearifan lingkungan, yang layak untuk dikembangkan, guna menggeser ideologi ekstrem ekosentrisme atau inklusivisme, maupun ideologi antroposentrisme atau eksklusivisme. Penjelasan di atas, dapat penulis gambarkan seperti di bawah ini:

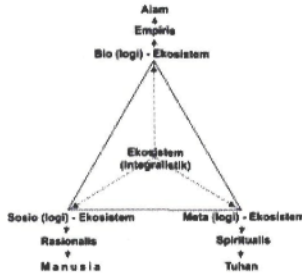


## 2. Hubungan Fungsional (Sosial)

Jika dikaji berdasarkan pendekatan sosial ekologis, yakni pendekatan fungsional ekologis, maka hubungan manusia dengan lingkungan telah dicermati oleh pakar ekologi. Secara umum, teori tersebut dibedakan oleh masyarakat ekologi menjadi dua teori besar, yakni teori bio-ekosistem dan teori geo-sosial-sistem. Menurut teori bio-ekosistem (hukum kodrat) (Keraf, 1997: 13), kedudukan dan fungsi manusia dalam ekosistem, sama dengan makhluk lainnya. Jika dicermati secara mendalam, dapat dikatakan bahwa teori bio-ekosistem menafikan kelebihan spesies manusia dalam lingkungannya. Teori ini sendiri berakar dari tradisi filsafat materialisme ekstrim. Pemikiran materialisme ekstrem sendiri berakar dari paham mekanistik, bahwa alam merupakan mesin besar, dan dalam alam hiduplah manusia. Dengan demikian dapat dikatakan, bahwa teori bio-ekosistem adalah derivasi dari teori materialisme ekstrem (Poedjawijatno, 1983: 57-60). Di satu sisi teori bio-ekosistem dapat menciptakan kearifan terhadap lingkungan. Namun di sisi lain, teori ini dapat menurunkan harkat dan martabat manusia, sebab ia disamakan dengan benda-benda alam yang lain. Manusia sebagai makhluk yang berakal, *rational being* misalnya, dipersamakan dengan benda lain yang tidak berakal. Demikian pula, manusia sebagai makhluk yang berbudaya, *cultural species*, dipersamakan dengan makhluk lain yang tidak berbudaya.

Seiring dengan temuan fakta baru tentang hubungan fungsional manusia dengan lingkungan, maka lahirlah teori kritik atas teori bio-ekosistem, yang dikenal dengan teori geo-sosial-sistem. Berbeda dengan teori bio-ekosistem yang menyamakan antara ekologis manusia dengan ekologis spesies lainnya dalam lingkungan, teori geo-sosial-sistem tidak menyamakan ekologis manusia dengan ekologis makhluk lainnya dalam suatu ekosistem. Dalam teori ini, manusia bukanlah objek alam, namun menjadi subjek alam. Sebab manusia memiliki kemampuan untuk mengelola, merencanakan, dan mengatur pendayagunaan sumber daya alam dan lingkungannya demi kepentingan manusia secara rasional ekologis (Kaslan, 1991: 273).

Perumusan teori geo-sosial-sistem didasarkan pada fakta objektif bahwa manusia bukan saja sebagai spesies biotik saja, melainkan juga sebagai spesies sosial yang berakal. Sebagai spesies yang berakal, dengan potensi akal rasionalnya, manusia berpeluang mengembangkan nilai-nilai individual, menjadi nilai-nilai komunal, yang kemudian diyakini sebagai nilai dan keyakinan sosial. Dalam konteks inilah manusia ditempatkan sebagai spesies yang berperadaban, *cultural and civilized species*. Namun pada tataran realitasnya, teori geo-sosial-sistem justru akan melahirkan konsep manusia sebagai makhluk yang istimewa, *the super being species*. Dengan demikian dapat dikatakan, bahwa meskipun secara ideal moralnya teori geo-sosial-sistem seharusnya mampu melahirkan konsep manusia yang bertanggung jawab terhadap kelestarian lingkungan, namun pada tingkat realitas aktualnya justru menjadi salah satu akar terjadinya pencemaran dan kerusakan lingkungan. Sebab, nilai yang dianggap baik oleh manusia, tidak bisa dikonfrontir kepada alam. Dan yang paling mendasar adalah, teori geo-sosial-sistem belum bisa menyentuh eksistensi manusia sebagai makhluk spiritual. Penjelasan di atas dapat digambarkan sebagai berikut:

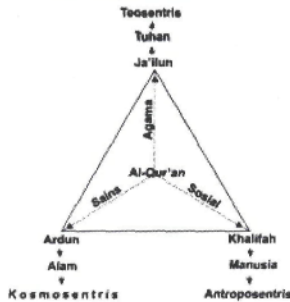


### 3. Hubungan Integral (Spiritual)

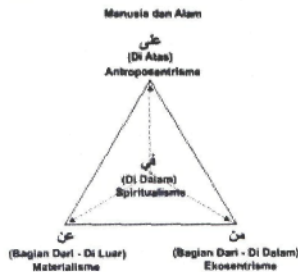
Berdasarkan penjelasan di atas, teori bio-ekosistem memandang manusia, sama dengan spesies lainnya dalam ekosistem, sementara teori geo-sosial-sistem, sudah menggambarkan batas pembeda antara manusia dengan spesies lainnya, tetapi manusia masih diyakini mempunyai hubungan fungsional, antara dirinya dengan sistem biofisik, karena manusia adalah bagian dalam dari satu kesatuan besar lingkungan. Hal lain yang lebih mendasar, bahwa teori geo-sosial-sistem belum bisa menyentuh sama sekali tentang eksistensi manusia sebagai makhluk spiritual, tidak hanya sebagai makhluk sosial. Padahal manusia bukan saja sebagai makhluk sosial saja, melainkan juga sebagai makhluk spiritual. Dengan kata lain, tidak hanya teori bio-ekosistem atau geo-sosial-sistem, tetapi sebuah teori yang disebut dengan istilah meta-sosial-sistem.

Untuk mencari akar teori meta-sosial-sistem atau teori teo-antropo-kosmosentrik, penulis mencoba menggunakan sebuah dalil ayat al-Qur'an tentang kekhilafan manusia (Rahardjo, 2002: 346-364). Jika kaum Nasrani meyakini misalnya, bahwa posisi manusia dengan alam berada "di atas", sedangkan penganut paham bio-ekosentris berpandangan, bahwa manusia menjadi "bagian" dari alam, maka al-Qur'an justru menegaskan, bahwa posisi manusia berada

“di dalam alam”. Ayat al-Qur'an yang penulis maksud adalah, “*Inni ja'ilun fi al-ardi khalifah*” (Q.S. Al-Baqarah: 30). Ada tiga substansi hubungan pada ayat tersebut, yaitu antara *ja'ilun* sebagai Tuhan, *ardun* sebagai simbol alam, dan *khalifah* sebagai simbol manusia. Sehingga hubungan yang terjadi adalah hubungan segitiga antara Tuhan, Alam, dan Manusia. Ketiga hubungan tersebut akan menciptakan pola relasi-integrasi antara teosentris spiritualisme, antroposentris eksklusivisme, dan kosmosentris inklusivisme:

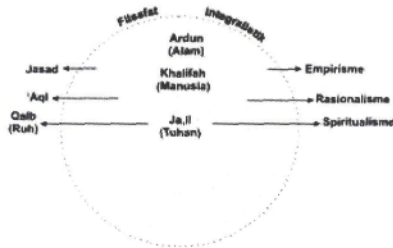


Pada ayat di atas menggunakan kata *fi*, yang artinya *di dalam* (Ma'luf, t.t.: 45), untuk menunjukkan posisi khalifah sebagai manusia, atas *ardun* sebagai alam atau lingkungan. Dengan demikian, hubungan yang tercipta antara manusia dengan alam adalah, bahwa posisi manusia berada di dalam alam. Oleh karenanya, posisi manusia yang di dalam tersebut, seperti posisi roh di dalam jasad. Sebab, manusia bagi alam, seperti roh di dalam jasad, di mana manusia sebagai rohnya, dan alam sebagai jasadnya. Rohlah yang menghidupkan jasad, dan tanpa roh (khalifah sebagai manusia), jasad (*ardun* sebagai bumi atau alam) akan mati. Jika manusia mengetahui posisi substansialnya ini, yaitu fungsi sentralnya sebagai roh bagi alam, tentu saja akan berdampak pada tindakan praktisnya dalam memperlakukan lingkungan. Hubungan harmonis antara roh dan jasad inilah, yang akan menciptakan hubungan keseimbangan atau equilibrium. Roh tidak akan bereksistensi material, jika tidak bertempat di dalam jasad, dan jasad pun tidak akan bereksistensi spiritual, jika tidak dihidupkan oleh roh. Hubungan antara jasad, roh, dan yang menciptakan roh, adalah hubungan integralistik yang tidak terpisahkan, antara jasad materi-empirisme, roh immateri-rasionalisme, dan sang pencipta roh non-materi-spiritualisme. Penjelasan di atas dapat digambarkan sebagai berikut:

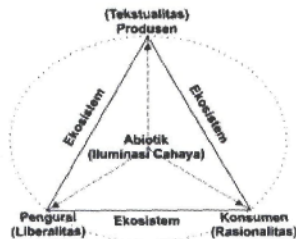




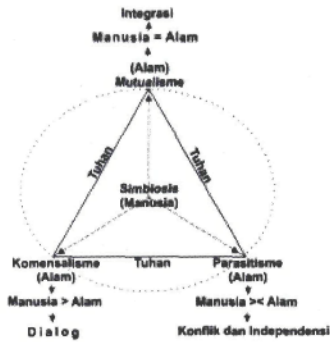
Ayat di atas, secara tartib, menempatkan kata *ardun* atau bumi atau alam mendahului manusia sebagai khalifah. Hal ini memberikan ilustrasi moralitas bagi manusia, bahwa posisi alam bagi manusia, seperti posisi rumah, yang telah diciptakan oleh sang pemilik rumah, bagi sang tamu atau pengunjung rumah. Apalagi, hanya karena sebuah serbuk debu yang berada di pekarangan rumah, sang tamu tersebut tercipta. Manusia adalah tamu bagi alam, dengan demikian, sang tamu tidak bisa seenaknya saja mengeksploitasi segala jenis makanan dan minuman, tanpa seizin sang pemilik rumah. Hanya atas izin sang pemilik rumahlah, sang tamu bisa bertempat tinggal di dalam rumah. Dan dalam posisi yang bersamaan, rumah tersebut telah diamanahkan kepada sang tamu, oleh pemilik rumah. Relasi hubungan integralistik tersebut di atas, yaitu antara sang pemilik rumah, rumah, dan tamu, akan menciptakan pola hubungan integralistik, antara prinsip-prinsip teosentrisme, antroposentrisme, dan kosmosentrisme (teoantropokosmosentrik-integralistik) (Fajar, 2008: 23-26), atau integralisasi antara nilai-nilai spiritualis, rasionalis, dan rasionalis. Penjelasanannya adalah gambar berikut ini:



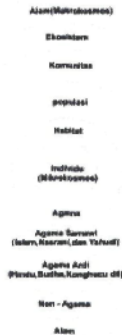
Di sisi lain, ekosistem dalam hukum kodrat (sunnatullah), menjelaskan secara natural, tentang konsep keseimbangan alam, yang pada akhirnya menciptakan keseimbangan prinsip-prinsip nilai, yaitu prinsip tekstualitas/bayani (produsen), liberalitas/burhani (pengurai), rasionalitas/burhani (pengurai), dan cahaya/irfani (abiotik). Adalah perpaduan antara filsafat normativitas, liberalitas, humanitas, dan filsafat iluminasi. Penjelasan gambarnya adalah sebagai berikut:



Hubungan yang harmonis antara manusia dan alam dalam sebuah ekosistem, dalam konteks ilmu biologi (ekologi), disebut dengan hubungan simbiosis mutualisme-integralistik:



Dalam konteks sebuah ekosistem masyarakat yang lebih luas, hubungan simbiosis mutualisme-integralistik di atas, ternyata tidak hanya mengintegrasikan ranah-ranah ilmu pengetahuan, tetapi juga menciptakan integralisasi kerukunan umat beragama, di mana pada masing-masing ajarannya, tentu saja mengajarkan pelestarian ekologi. Dengan kata lain, dalam konteks integralisasi, multikulturalisme budaya dan pluralisme agama adalah sebuah keniscayaan, sebagaimana dijelaskan dalam gambar berikut ini:



## F. Penutup

Berdasarkan penjelasan di atas, maka konsep hubungan antara manusia dengan alam, atau hubungan antara manusia dengan lingkungannya, atau hubungan antara manusia dengan ekologinya dalam al-Qur'an, berparadigma spiritualis-integralistik. Yaitu sebuah hubungan integral antara Tuhan, manusia, dan alam, atau antara paradigma teosentris-spiritualisme, antroposentris-eksklusivisme, dan kosmosentris-inklusiisme. Hubungan ketiganya tersebut, penulis sebut dengan teori meta-sosial-sistem, atau teori teo(spiritualis)-antropo(rasionalis)-kosmosentrik(empiris)-integralistik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., 2004, Etika Tauhidik sebagai Dasar Kesatuan Epistemologi Keilmuan Umum dan Agama: dari Paradigma Positivistik-Sekularistik ke Arah Teoantroposentrik-Integralistik, dalam *Integrasi Sains-Islam: Mempertemukan Epistemologi Islam dan Sains*, Cet. I, Nuansa Aksara, Yogyakarta.
- Arifin, S., 1994, Agama dan Masa Depan Ekologi Manusia, dalam *Jurnal Ulumul Qur'an*, Edisi Khusus, No. 5 dan 6, Vol. V, tnp.; Jakarta.
- Abdillah, M., 2001, Agama Ramah Lingkungan: Perspektif al-Qur'an, Cet. I, Paramadina; Jakarta.
- Afrizal, 2006, Ibn Rusyd: Tujuh Perdebatan Utama dalam Teologi Islam, Cet. I, Erlangga; Jakarta.
- Alexander, E.C., 1987, *Twenty Lectures*, Columbia University Press; New York.
- Ali, M., 1984, Manusia, Filsafat, dan Tuhan, dalam *Dialog Manusia dan Filsafat, Budaya, dan Pembangunan*, Cet. I, YP2LPM; Malang.
- Al-Baqi, M.F., 1981, al-Mu'jam al-Mufahras Li Alfaz al-Qur'an al-Karim, Dar al-Fikr; Beirut.
- Baiquni, A., 1990, Filsafat Fisika dan al-Qur'an, dalam *Jurnal Ulumul Qur'an*, No. 4, Vol 11.
- Bagir, H., dan Abidin, Z., 1988, Filsafat Sains-Islami: Kenyataan atau Khayalan, dalam Mahdi Ghulysani, *Filsafat Sains Menurut al-Qur'an*, Mizan; Bandung.
- Batkin, D., dan Keller, E.A., 1982, *Environmental Studies: The Eary as a Living Planet*, Marriel Publishing Company; Ohio.
- Bateson, G., 1972, *Step to An Ecology of Mind*, tnp.; ttp.
- Capra, F., t.t., *The Turning Point: Science, Society, and the Rising Culture*, tnp.; ttp.
- Chiras, D.D., 1985, *Environmental Science A Frame Work For Dcision Making*, The Benyamin Publishing; Canada.
- Darmayasa, 1993, *Keagungan Sapi Menurut Weda*, Pustaka Manikhemi; Jakarta.
- Ad-Dusuqy, Sidi Syaikh Mukhtar, 2008, Ali Muhammad, al-Mukhtar fi Qawl al-Akhyar, Dar al-Mazra'ah al-Kiram; Kairo.
- Ad-Dusuqy, F., 2008, *Futuhat al-Madaniyyah: Sufistik-Saintifik*, Dar ad-Dusuqiyyah; Yogyakarta.
- Dzar, S., 1994, *Konsep Penciptaan Alam Pemikiran Islam: Sains dan al-Qur'an*, Cet. I, Raja Grafindo Persada; Jakarta.
- Freud, S., 1984, *Memperkenalkan Psikoanalisa*, terj. K. Bertens, Gramedia; Jakarta.
- Al-Faruqi, I.R., 1982, *Tawhid: Its Implication for Thought and Life*, Wyncote Press: Pennsylvania.
- Geertz, C., t.t., *The Interpretation of Culture*, Basic Books; New York.
- Held, V., 1989, *Etika Moral: Pembeneran Tindakan Sosial*, Erlangga; Jakarta.
- Heibroner, R., t.t., *An Inquiry into the Human Prospect*, tnp.; ttp..

- Hadi, S.P., 1995, Lingkungan Hidup dalam Perspektif Sosiologis, dalam *Makalah Seminar Nasional: Islam dan Lingkungan Hidup*, Fak. Tarbiyah IAIN; Salatiga.
- Jacob T., 1989, Manusia, Ilmu, dan Teknologi, Cet. I, Tiara Wacana; Yogyakarta.
- Kaslan, T., 1991, Butir-butir Tata Lingkungan, Cet. II, Rineka Cipta; Jakarta, 1991.
- Kleden, I., 1987, Sikap Ilmiah dan Kritik Kebudayaan, LP3ES; Jakarta.
- Mahzar, A., 2004, Merumuskan Paradigma Sains dan Teknologi: Revolusi Integralisme Islam, Cet. I, Mizan; Bandung.
- Ma'luf, L., t.t., al-Munjid fi al-Lugah wa al-Adab wa al-'Ulum,; tnp.; Beirut.
- Nasr, S.H., t.t., Islam and the Environmental Crisis, dalam *The Islamic Quarterly*, Vol. XXXIV.
- Odum, E.P., 1983, Basic Ecology, Sounders College Publishing; New York.
- Poedjawijatno, 1983, Manusia dengan Alamnya, Bina Aksara; Jakarta.
- Roberston, J., 1983, The Sane Alternative: A Choice of Futures, River Basin Publishing Co.; ttp..
- Rahardjo, D., 2002, Eksiklopedi al-Qur'an: Tafsir Sosial Berdasarkan Konsep-konsep Kunci, Cet. II, Paramadina; Jakarta.
- Rahman, F., 1980, Major Themes of the Qur'an, Islamica; Chicago.
- Suryani, M. (ed.), 1987, Lingkungan: Sumberdaya Alam dan Kependudukan dalam Pembangunan, UI Press; Jakarta.
- Suryani, 1983, Manusia dalam KecerAsian Lingkungan, UI Press; Jakarta.
- Suroyo, dkk., 2003, Ensiklopedi Sains dan Kehidupan, Cet II, Tarity Samudra Berlian; Jakarta.
- Soemarwoto, O., 1994, Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan, Cet. IV, Djambatan; Jakarta.
- Soeriaatmadja, R.E., 1981, Ilmu Lingkungan, Cet. III, ITB Bandung; Bandung.
- Toruan, R., 1990, Globalisasi: Bumi Makin Panas, dalam *Menuju Masyarakat Baru Indonesia: Antisipasi Terhadap Tantangan Abad XXI*, Gramedia; Jakarta.
- Salim, E., 1986, Pembangunan Berwawasan Lingkungan, LP3ES; Jakarta.
- Sumarwoto, O., 1992, Analilis Dampak Lingkungan, Cet. V, Gadjah Mada University Press; Yogyakarta.

\* Nama asli penulis adalah Waryani Fajar Riyanto



# ISOLASI DAN IDENTIFIKASI KAPANG PADA UWI (*Dioscorea alata* L) SEBAGAI SUMBER BELAJAR MATA KULIAH MIKOLOGI

**Anna Rakhmawati**

Jurdik Biologi FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta  
(Email: wannawijaya@yahoo.com)

## *Abstract*

*The aims of this research was to isolate and identify fungi growing on yam (*Dioscorea alata* L) and to develop that result from this research as one of the leaving resources for a course on mycology.*

*Yam were processed into chips and dried under different conditions (sun drying, oven drying, and ambient). The isolation method was done by direct plating on PDA medium. Identification was carried out on PDA medium for macroscopic and microscopic observation. The isolation result 68 isolates which consist of 5 genera (*Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Rhizopus*, and *Thalaromyces*).*

*The result of this research can be used as a study source in accordance with potency, the goal of study, target and information elucidation, guidance exploration, product and output useful. From this research, it was obtain that data of isolation and identification of fungi which grow on yam (*Dioscorea alata* L) can be used as a study source for mycology lecture.*

**Kata kunci:** *isolation, identification, fungi, study source*

## **A. Pendahuluan**

Kapang merupakan salah satu kelompok mikrobia yang termasuk dalam jamur (fungi). Kapang bersifat heterotrof yang memerlukan senyawa organik sebagai sumber karbon dan energi. Kapang dapat ditemukan di udara, perairan, dan pada berbagai substrat yang mengandung bahan organik seperti tanah, kayu, serasah, buah, biji-bijian, bahan pangan, pakan, dan lain-lain. Suatu bahan akan mudah ditumbuhi kapang apabila didukung oleh kondisi lingkungan yang sesuai misalnya air, suhu, kelembaban, dan pH.

Indonesia sebagai negara yang kaya plasma nutfah memberikan peluang besar untuk mendapatkan kapang-kapang *indigenous* Indonesia. Isolasi dan karakterisasi kapang perlu sebanyak mungkin dilakukan untuk mengungkap potensi-potensi yang ada pada kapang. Kapang dikenal sebagai agen pendegradasi bahan organik yang kuat. Kemampuan tersebut dikarenakan aktivitas enzimatik dan karakteristik struktural yang mendukung. Peranan kapang ada yang menguntungkan dan merugikan buat manusia. Salah satu yang merugikan adalah menyebabkan berbagai kerusakan pada hasil-hasil pertanian seperti jagung, gandum, beras, kedelai, kacang hijau, kacang tanah, buah-buahan, dan lain-lain.

Uwi (*Dioscorea alata* L) merupakan salah satu produk pertanian yang dapat dijumpai di pasaran dan banyak dikonsumsi masyarakat. Uwi (*Dioscorea alata* L) merupakan bahan pangan yang penting bagi penduduk tropik dan subtropik dan secara global banyak dibudidayakan. Mayoritas kultivarnya mudah terserang penyakit *anthracnose* yang akan mempengaruhi produksi. Penyakit *anthracnose* disebabkan oleh kapang *Colletotrichum gloeosporioides* yang menyebabkan nekrosis daun dan kematian umbi. Kapang lain yang berhasil diisolasi dari sampel umbi yang terkena *anthracnose* adalah *Botryodiplodia* sp, *Curvularia* sp, *Pestalotia* sp dan *Fusarium* sp (Abang, et al., 2003).

Fungi mudah tumbuh pada *D. alata* L karena merupakan substrat yang cocok. *D. alata* L mempunyai kandungan bahan organik dan air yang tinggi sehingga mendukung pertumbuhan fungi. *D. alata* banyak mengandung amilum, protein, dan mineral. Kapang-kapang yang berhasil diisolasi misalnya *Fusarium oxysporium* merupakan kapang dominan dan jenis lain adalah *Aspergillus niger*, *Rhizopus stolonifer*, *Fusarium solani*, *Botryodiplodia theobromae*, *Mucor* sp., dan *Geotrichum* sp (Okigbo and Nwakammah, 2005).

Biologi sebagai bagian dari proses mengajar sains merupakan perwujudan interaksi antara subyek (siswa), obyek (alam) yang terdiri dari benda dan kejadian alam, proses, dan produk (Djohar, 1987). Mengingat obyek atau sasaran studi biologi adalah makhluk hidup maka sangat sesuai apabila untuk mengembangkan ilmu pengetahuan (biologi) dan segala potensi yang ada pada diri siswa adalah dengan cara melakukan kegiatan eksplorasi dan konseptualisasi melalui mekanisme diskoveri, inkuiri, dan eksplorasi (Gandjar, et al., 1999). Proses belajar mengajar akan lebih berhasil apabila menggunakan sumber belajar karena dapat meningkatkan efektivitas proses belajar mengajar. Dari sinilah peranan guru sangat diperlukan dalam rangka memecahkan persoalan dalam belajar biologi. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka penelitian dengan judul "Isolasi dan identifikasi kapang pada uwi (*Dioscorea alata* L) sebagai sumber belajar mata kuliah Mikologi" perlu dilakukan untuk mengetahui sejauh mana dapat dijadikan sebagai sumber belajar.

## B. Tinjauan pustaka

### 1. Kapang

Kapang (jamur benang, *mold*, *mould*) atau fungi berfilamen merupakan fungi multiseluler yang bersifat heterotrof, tidak berklorofil, berbentuk hifa, eukariotik, berdinding sel dari kitin atau selulosa, serta bereproduksi secara seksual dan aseksual (Gandjar, et al., 1999; Ellis, 2008). Struktur kapang umumnya yaitu berupa hifa (filamen) yang berbentuk tabung, dinding sel rigid (kaku), dan terlihat ada pergerakan protoplasma didalamnya. Kumpulan hifa dinamakan miselium (Alexopoulos, et al., 1996; Ganjar, dkk, 2006). Panjang hifa tidak terbatas tetapi diameternya konstan berukuran umumnya berkisar antara 1-2 $\mu$ m atau 5-10 $\mu$ m tetapi ada yang mencapai 30 $\mu$ m. Hifa ada yang mempunyai sekat (septa) atau tidak mempunyai sekat (senositik). Phylum Ascomycota, Basidiomycota, dan Basidiomycota mempunyai hifa bersepta sedangkan

Oomycota dan Zygomycota tidak bersepta. Walaupun terdapat septa tetapi masih memungkinkan adanya pergerakan protoplasma karena septa tersebut berpori. Septa akan membagi hifa ke dalam kompartemen-kompartemen yang masih bisa saling berhubungan. Hifa basidiomycota khas yaitu dalam satu kompartemen ada yang mikaryon (1 nucleus) ataupun dikaryon (2 nucleus); mempunyai *dolipore septum* (septa khas dengan ciri pori sentral sempit yaitu 100-150 nm, terdapat sayap yang didominasi glukosa mengelilingi pori, dan terdapat *parenthosom* bermembran), serta mempunyai *clamp connection*/seperti kait yang menghubungkan antar kompartemen (Deacon, 1997).

Bagian dari hifa yang berfungsi untuk mendapatkan nutrisi dinamakan hifa vegetatif sedangkan bagian hifa yang berfungsi untuk reproduksi dinamakan hifa reproduktif atau hifa aerial. Penamaan hifa aerial karena tumbuh ke atas permukaan medium (Tortora, *et. al.*, 2007). Warna koloni dapat diakibatkan karena pigmentasi hifa (melamin), pigmen yang dikeluarkan, maupun paling umum karena produksi spora (Deacon, 1997).

Kapang dapat bereproduksi secara seksual dan aseksual. Kapang mayoritas bereproduksi dengan pembentukan spora yang dapat terbentuk secara seksual maupun aseksual. Reproduksi seksual dapat menghasilkan zygospora, oospora, ascospora, ataupun basidiospora. Sedangkan reproduksi aseksual terjadi dengan fragmentasi hifa atau pembentukan arthrospora, zoospora, sporangiospora, ataupun konidia. Faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan kapang diantaranya ialah air, temperatur, pH, cahaya, dan aerasi (Garraway, 1984). Faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan kapang dalam bahan makanan adalah faktor intrinsik (sifat bahan pangan), faktor pengolahan, faktor ekstrinsik (lingkungan), faktor implisit, dan faktor makanan (Imam dan Sukamto, 1999).

## 2. Uwi

Uwi (*Dioscorea alata* L) sinonim dengan *Dioscorea atropurpurea* Roxb. Nama umum/dagang adalah uwi. Sedangkan nama daerah Sumatera dan Madura adalah Ubi, Sunda: huwi, Jawa tengah: Uwi, Makasar dan Bugis: Same, Banda: Lutu.

Deskripsi uwi adalah sebagai berikut : habitus merupakan tanaman herba, merambat, panjang ± 10 m. Batang lunak, segiempat, diameter 2-4 mm, panjang ruas ± 14 cm, membentuk umbi, masih muda hijau, setelah tua coklat hitam. Daun Tunggal, bentuk perisai, tepi rata, ujung meruncing, pangkal berlekuk, pertulangan melengkung, permukaan licin, panjang 15-20 cm, lebar 10-15 cm, tangkai daun bentuk segi empat, hijau. Daun majemuk, bentuk bulir, di ketiak daun, bulir jantan. Bunga tersusun rapat. panjang 1-3 cm, bulir betina tersusun tidak rapat, panjang 12-50 cm, mahkota hijau, panjang ± 2 mm, ungu. Buah berbentuk lonjong, berdaging, diameter 1 -2 cm, coklat. Akar serabut, putih kecoklatan. Umbi *Dioscorea alata* berkhasiat sebagai obat bengkak. Kandungan kimia umbi *Dioscorea alata* meliputi alkaloida, saponin, flavonoida, dan politenol (Anonim, 2008).

Uwi (*Dioscorea* spp.) merupakan bahan pangan yang penting bagi penduduk tropik dan subtropik. FAO (2002) menggambarkan bahwa Afrika Barat merupakan negara produsen terbesar dunia (95%). Dua jenis uwi yang paling sering dikultivasi adalah *white Guinea yam* (*D. rotundata* Poir.) dan *water yam* (*D. alata* L.). *D. rotundata* merupakan tumbuhan indigenous

Afrika Barat, sedangkan *D. alata* diintroduksi ke Afrika dari Asia pada abad ke-16 dan secara global lebih banyak dibudidayakan dibandingkan *D. rotundata*. *D. alata* mempunyai beberapa keunggulan yaitu produksi stabil, potensi pemanenan lebih tinggi (terutama ditanam pada tanah yang fertilitasnya rendah), perbanyakannya mudah, biji lebih banyak dan penyimpanan umbi. Kekurangannya yaitu mayotitis kultivarnya mudah terserang penyakit anthracnose yang akan mempengaruhi produksi.

Keberadaan anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) menyebabkan nekrosis daun dan kematian umbi. Mikrobia lain yang berhasil diisolasi dari sampel umbi yang terkena anthracnose adalah *Botryodiplodia* spp., *Curvularia* spp., *Pestalotia* spp. dan *Fusarium* spp (Abang, et.al., 2003). *D. alata* L mempunyai kandungan bahan organik dan air yang tinggi sehingga mendukung pertumbuhan fungi. *D. alata* banyak mengandung amilum, protein, dan mineral. Kapang-kapang yang berhasil diisolasi misalnya *Fusarium oxysporium*, yang merupakan kapang dominan dan jenis lain adalah *Aspergillus niger*, *Rhizopus stolonifer*, *Fusarium solani*, *Botryodiplodia theobromae*, dan *Mucor* sp (Okigbo and Nwakamam, 2005).

Dormansi akan mengontrol panjang masa simpan tetapi uwi tidak dapat dikonsumsi oleh manusia apabila sudah terjadi *sprouting* (bertunas). Masalah lain yang dapat muncul adalah kerusakan mekanik dapat terjadi selama pemanenan dan penyimpanan. Hal ini menyebabkan infeksi mikrobia pada luka sehingga akan menyebabkan pembusukan dan kerusakan. Apabila tidak secepatnya ditangani akan menyebabkan penyebaran pada umbi yang sehat (Passam, 2008). Holloway, et.al. (1985) melaporkan kandungan pada umbi *D. alata* berdasarkan berat kering adalah pectin (2,6 %), hemiselulosa (3,4%), selulosa (1,6%) dan lignin (1,1%).

Suhu dan kelembaban merupakan contoh faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan kapang. Umbi yang terluka dapat ditumbuhi *Penicillium* setelah 3-4 hari ketika disimpan pada suhu 17 atau 25°C. Keseluruhan permukaan umbi kemudian ditumbuhi kapang dalam jangka waktu 6 hari. Sedangkan pada suhu 35°C koloni *Penicillium* jarang tumbuh pada umbi yang luka. Apabila suasana lembab maka akan menyebabkan pertumbuhan kapang walaupun pada suhu 35°C (Passam, 2008).

### 3. Sumber belajar

Proses belajar mengajar akan lebih berhasil apabila menggunakan sumber belajar karena dapat meningkatkan efektivitas proses belajar mengajar. Sumber belajar adalah semua objek yang dapat digunakan untuk memperoleh pengalaman belajar tentang permasalahan tersebut. Pada hakekatnya sumber belajar ada di sekitar alam manusia oleh karena itu guru dituntut untuk menyeleksi dan bertindak sebagai organisator dalam pendidikan biologi yaitu aspek materi, teknologi pendidikan, dan aspek anak. Sesuai dengan hakekatnya pembelajaran biologi seorang guru biologi harus mampu memanfaatkan atau menggali sumber-sumber belajar yang ada di lingkungan sekitar atau memanfaatkan peristiwa dalam kehidupan sehari-hari dalam rangka menyediakan sumber-sumber belajar (Djohar, 1984). Sumber belajar dalam pengertian sempit misalnya buku-buku atau bahan tercetak lainnya, pengertian itu masih banyak dipakai dewasa ini (Nana S dan Ahmad Rifai, 1997).



Penelitian pada hakekatnya merupakan proses belajar yang terarah mengenai suatu masalah dan dilakukan secara intensif. Proses belajar itu terdiri dari rangkaian berbagai proses baik intelektual maupun indrawi yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari keseluruhan proses tersebut antara lain proses abstraksi, generalisasi, klasifikasi, pengajuan dugaan, dan ketrampilan-ketrampilan lain. Praktek inkuiri (penyelidikan) merupakan salah satu pembaharuan yang paling tepat dalam pengajaran sains (termasuk didalamnya Biologi). Maksudnya adalah kesatuan pengajaran yang membawa siswa melakukan penyelidikan-penyelidikan biologi sesuai dengan kemampuan dan pengetahuannya dimana dalam hal ini dibutuhkan keikutsertaan siswa secara aktif dalam berfikir, mengembangkan pendapat serta melakukan dalam melakukan penyelidikan (Djohar, 1985).

Pemanfaatan objek atau kejadian secara efektif sebagai sumber belajar harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut: kejelasan potensinya, kesesuaian dengan sarannya, kejelasan informasi yang dapat diungkap, kejelasan pedoman eksplorasinya, dan kejelasan perolehan yang diharapkan. Tidak semua objek di alam dapat dijadikan sumber belajar, tetapi kadang perlu dilakukan suatu kajian mendalam dan sistematis melalui penelitian. Pengajaran bertanggung jawab menciptakan interaksi antar siswa dengan obyek, bukan hanya interaksi antara guru dengan siswa. Sumber belajar dan sarannya menduduki peran dan fungsi penting dalam penyelenggaraan belajar biologi dengan praktek inkuiri. Penelitian lingkungan merupakan sumber belajar yang potensial karena dari lingkungan siswa dapat memperoleh pengalaman langsung yang tidak dapat ditemukan pada sumber yang dirancang. Proses belajar mengajar dengan menggunakan sumber-sumber yang konkret akan lebih menjamin keberhasilan daripada belajar secara abstrak. Keuntungan yang didapat adalah belajar menjadi lebih produktif serta dapat memberikan pengalaman langsung kepada siswa karena sumber-sumber yang konkrit mampu menyajikan kondisi belajar yang lebih alami (Djohar, 1987).

Pemilihan suatu sumber belajar perlu dikaitkan dengan tujuan yang ingin dicapai dalam pembelajaran. Dengan demikian, sumber belajar dipilih dan digunakan dalam proses belajar apabila sesuai dan menunjang tercapainya tujuan belajar. Manfaat sumber belajar secara umum adalah: dapat memberi pengalaman belajar yang kongkret dan langsung kepada peserta didik; dapat menyajikan sesuatu yang tidak mungkin diadakan, dikunjungi, atau dilihat secara langsung; dapat menambah dan memperluas cakrawala sajian yang ada di dalam kelas; dapat memberikan informasi akurat dan terbaru; dapat membantu memecahkan masalah pendidikan; dapat memberikan motivasi positif bagi peserta didik serta dapat merangsang untuk berfikir, bersikap, dan berkembang lebih lanjut (Mulyasa, 2002).

## **C. Metode penelitian**

### **1. Desain penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian eksploratif yang dilakukan pada kapang yang tumbuh pada uwi. Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapang yang tumbuh pada uwi. Pengambilan sampel dilakukan pada uwi yang dijual di pasar tradisional sebelum pengeringan, sesudah pengeringan (3 cara pengeringan yang berbeda), dan setelah penyimpanan selama 1 bulan. Proses pengambilan

sampel awal yaitu uwi yang dijual di pasar tradisional yaitu Pasar Ngaglik Sleman (uwi dengan umbi putih) dan Pasar Sambilegi Kalasan Yogyakarta (uwi dengan umbi ungu). Proses isolasi dan identifikasi kapang dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Universitas Negeri Yogyakarta.

## 2. Definisi operasional variabel penelitian

Variabel bebas penelitian adalah umbi-umbi uwi sebelum pengeringan, setelah pengeringan (3 cara pengeringan), dan setelah 1 bulan penyimpanan. Variabel tergayutnya yaitu isolat kapang pada uwi sedangkan variabel pendukung adalah suhu, pH dan kadar air uwi, kandungan N total serta kandungan pati uwi (Sudarmadji, 1984).

## 3. Tahap pengeringan sampel

Metode yang digunakan menurut Ekundayo (1986). Sampel uwi yang akan digunakan dipilih secara baik, tidak ada luka dan tidak busuk. Umbi ini dikupas dan dicuci dengan air yang mengalir. Kemudian dipotong-potong menjadi bentuk balok dengan ukuran 10 gram dan dididihkan pada waterbath pada suhu 50° C selama 10 menit, setelah itu dikeringanginkan. Uwi ini kemudian disemprot dengan larutan alkohol 90% sebelum dicuci dengan akuades steril. Balok-balok yang membesar ini kemudian dipotong menjadi 3 bagian dengan diameter 3 cm. Balok-balok ini kemudian dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu a, b, dan c. Sampel dari kelompok a dikeringanginkan di bawah sinar matahari selama 5 hari (dijemur), kelompok b dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 65 °C selama 1 hari, dan kelompok c dikeringkan pada suhu ruang selama 7 hari. Setelah dikeringkan, semua balok-balok ini kemudian disimpan pada suhu ruang dan digunakan dalam penelitian. Pengukuran uji dilakukan pada periode setelah perlakuan (pengovenan selama 24 jam, perlakuan keringangin sinar matahari setelah 5 hari, dan dikeringkan pada suhu ruangan selama 7 hari), masing-masing pada periode 2 minggu dan 1 bulan penyimpanan setelah perlakuan serta uji uwi segar setelah 1 bulan penyimpanan (Okigbo and Nwakammah, 2005).

## 4. Tahap isolasi dan identifikasi kapang

- a. Isolasi dilakukan dengan metode *direct plating* (Malloch 1999).
- b. Identifikasi

Identifikasi kapang dilakukan sampai tingkat genus dengan pengamatan karakter morfologi secara makroskopik dan mikroskopik (Bueno *et al.*, 2001). Pengamatan makroskopik meliputi warna koloni, tekstur, diameter, dan perubahan warna selama pengamatan, warna sebalik koloni (*reverse of colony*), daerah pertumbuhan miselium (*growing zone*), daerah lingkaran konsentris (*zonasi*), celah radial koloni (*radial furrow*), adanya tetes air (*exudate drops*), dan pigmen yang dihasilkan (Gandjar, *et al.*, 1999). Pengamatan mikroskopik meliputi karakter morfologi hifa (bersepta atau tidak), pigmentasi hifa dan struktur reproduksinya. Identifikasi dilakukan dengan menggunakan buku-buku kunci identifikasi (Domsch, 1980; Pitt and Hocking, 1997; Samson, *et al.*, 1995; Raper and Fennel, 1965).

c. Uji aktivitas amilolitik

Pengujian aktivitas enzim amilase yang dikeluarkan oleh kapang dilakukan berdasarkan nisbah zona bening yang dihasilkan. Isolat kapang yang telah dimurnikan sebelumnya diinokulasikan pada medium Starch Agar (SA) kemudian diinkubasi selama 3 hari. Hasil positif ditandai dengan adanya zona jernih di sekeliling koloni kapang setelah ditetesi *iod.* Nisbah zona bening adalah diameter zona jernih(Z)/diameter koloni kapang(K).

D. Hasil penelitian

Macam uwi (*Dioscorea alata* L) yang banyak dikonsumsi penduduk di Yogyakarta, yaitu yang berwarna putih dan berwarna ungu. Perbedaan warna umbi tersebut karena perbedaan strainnya. Uwi yang berwarna putih diperoleh dari Pasar Ngaglik Sleman, sedangkan uwi berwarna ungu diperoleh dari Pasar Sambilegi Kalasan Sleman. Kandungan air uwi sangat besar, sehingga uwi mudah sekali busuk pada saat penyimpanan setelah panen.

Hasil isolasi dan identifikasi kapang pada uwi segar, setelah pengeringan dengan 3 metode yang berbeda (dioven suhu 65 °C selama 1 hari/24 jam, dijemur di bawah sinar matahari selama 5 hari, dan disimpan pada suhu kamar selama 7 hari) dan setelah penyimpanan 1 bulan didapatkan 68 *isolat*. Jumlah *isolat* yang ditemukan pada uwi putih sebanyak 27 *isolat* sedangkan pada uwi ungu sebanyak 41 *isolat*. Berdasarkan karakteristik makroskopis dan mikroskopis, kapang tersebut dapat dikelompokkan dalam 5 genus yaitu *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Rhizopus*, dan *Thalaromyces*.

Tabel 1 menunjukkan frekuensi distribusi genus kapang pada uwi putih dan ungu dengan berbagai proses pengeringan. Variasi genus yang ditemukan pada uwi segar, baik uwi putih maupun ungu, yaitu *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Rhizopus*, dan *Thalaromyces*. *Fusarium* hanya ditemukan pada uwi putih segar. Sementara itu pada uwi ungu setelah dijemur selama 5 hari ditemukan genus *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, dan *Thalaromyces*. Genus *Rhizopus* mampu tumbuh pada uwi putih dan ungu setelah penyimpanan 1 bulan dengan cara pengeringan yang berbeda.

Tabel 1. Distribusi genus kapang pada uwi putih dan ungu.

Genus Kapang	Uwi putih							
	setelah pengeringan				setelah 1 bulan			
	oven	jemur	ruangan	segar	oven	jemur	ruangan	segar
<i>Aspergillus</i>	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Fusarium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Penicillium</i>	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Rhizopus</i>	3	2	3	1	3	3	3	3
<i>Thalaromyces</i>	0	1	0	1	0	0	0	0
Jumlah total <i>isolat</i>	3	3	3	6	3	3	3	3

Genus Kapang	Uwi ungu							
	oven	jemur	ruangan	segar	oven	jemur	ruangan	segar
Aspergillus sp.	0	1	0	5	0	0	0	0
Fusarium sp.	0	0	0	2	0	0	0	0
Penicillium sp.	0	4	0	1	0	0	0	0
Rhizopus sp.	3	7	3	0	3	3	3	3
Thalaromyces sp.	0	1	0	2	0	0	0	0
Jumlah total isolat	3	13	3	10	3	3	3	3

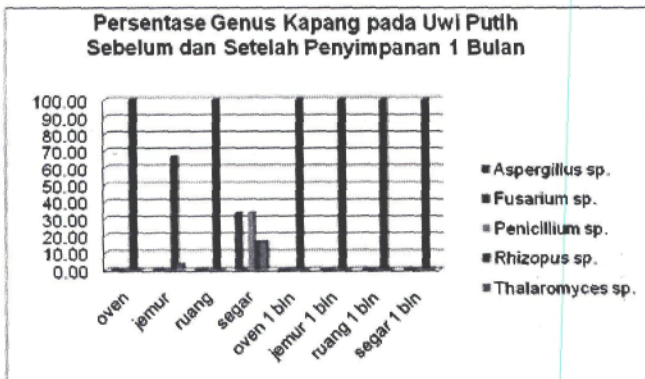
Tabel 2 menunjukkan persentase masing-masing genus pada setiap perlakuan. Persentase genus Rhizopus mencapai 100% pada uwi putih dan ungu setelah pengeringan dengan oven dan ruangan serta setelah penyimpanan selama 1 bulan dengan berbagai cara pengeringan.

Tabel 2. Persentase (%) genus kapang pada uwi putih dan ungu

Genus Kapang	Uwi putih							
	setelah pengeringan				setelah 1 bulan			
	oven	jemur	ruangan	segar	oven	jemur	ruangan	Segar
Aspergillus sp.	0,00	0,00	0,00	33,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Fusarium sp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Penicillium sp.	0,00	0,00	0,00	33,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Rhizopus sp.	100,00	66,67	100,00	16,67	100,00	100,00	100,00	100,00
Thalaromyces sp.	0,00	3,33	0,00	16,67	0,00	0,00	0,00	0,00

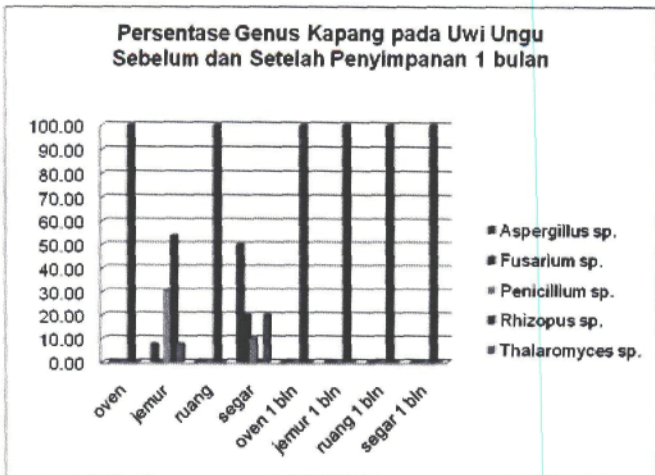
  

Genus Kapang	Uwi Ungu							
	setelah pengeringan				setelah 1 bulan			
	oven	jemur	ruangan	segar	oven	jemur	ruangan	Segar
Aspergillus sp.	0,00	7,69	0,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fusarium sp.	0,00	0,00	0,00	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Penicillium sp.	0,00	30,77	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rhizopus sp.	100,00	53,85	100,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Thalaromyces sp.	0,00	7,69	0,00	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00





Gambar 3. Grafik persentase genus kapang pada uwi putih



Gambar 4. Grafik persentase kapang pada uwi ungu

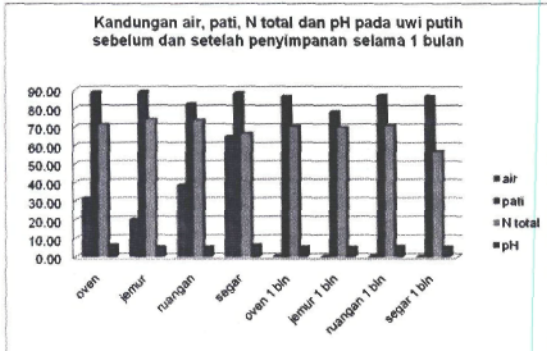
Gambar 3 dan 4 menunjukkan grafik persentase keberadaan genus kapang pada uwi putih dan ungu sebelum dan sesudah penyimpanan 1 bulan.

Tabel 3. Persentase kandungan air, pati, N total, dan pH

Kandungan (%)	Uwi putih							
	setelah pengeringan				setelah 1 bulan			
	oven	jemur	ruangan	Segar	oven	jemur	ruangan	segar
Air	31,75	20,12	38,56	65,08	0,36	0,12	0,42	0,14
Pati	88,91	89,31	82,36	88,59	86,34	78,14	87,13	86,61
N total	71,40	74,20	73,76	66,56	70,44	69,94	70,76	57,05
pH	6,42	5,40	5,32	6,43	5,23	5,07	5,72	5,23
Uwi Ungu								
	oven	jemur	ruangan	segar	oven	jemur	ruangan	segar
air	34,45	29,25	49,30	83,21	0,34	0,13	0,16	0,13
pati	90,28	88,73	94,79	85,31	87,09	87,65	88,66	77,15
N total	93,68	80,50	72,10	76,77	68,95	73,21	71,75	63,35
pH	6,25	5,53	5,67	6,33	5,72	5,30	6,15	5,30

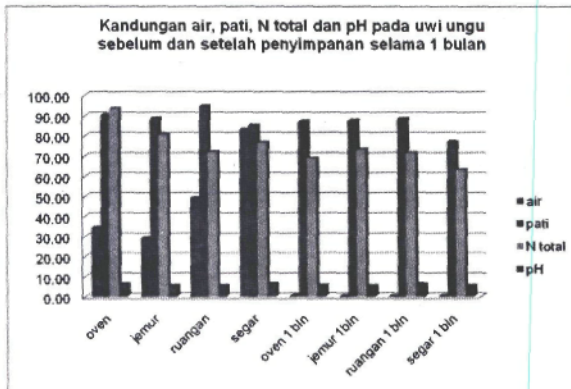
Tabel 3 menunjukkan adanya perubahan kandungan air, pati, N total dan pH pada uwi putih dan ungu sebelum dan setelah penyimpanan selama 1 bulan. Kandungan air dan N total uwi ungu segar lebih tinggi dibandingkan uwi putih. Kandungan pati dan pH uwi putih lebih besar dibandingkan uwi ungu. Kandungan air uwi putih dan ungu mengalami penurunan setelah

proses pengeringan baik dengan cara oven, penjemuran maupun suhu kamar. Kandungan air semakin menurun setelah masa penyimpanan uwi putih dan ungu selama 1 bulan. Kandungan pati, N total, dan pH uwi putih dan ungu cenderung mengalami penurunan setelah penyimpanan 1 bulan.



Gambar 5. Grafik persentase kandungan air, pati, N total, dan pH pada uwi putih

Gambar 5 menunjukkan adanya perubahan persentase kandungan air, pati, N total dan pH pada uwi putih. Kandungan air mengalami penurunan setelah proses pengeringan. Penurunan tertinggi dengan proses penjemuran di bawah sinar matahari selama 5 hari diikuti penyimpanan pada suhu kamar selama 7 hari dan terakhir dengan oven 65 °C selama 1 hari. Kandungan air mengalami penurunan 0,13-0,42 % setelah penyimpanan 1 bulan. Kandungan pati, N total, dan pH relatif tidak mengalami perubahan baik setelah pengeringan maupun setelah penyimpanan 1 bulan. Kandungan N total mengalami kenaikan setelah proses pengeringan dibandingkan uwi segar. Penurunan pH terjadi setelah penyimpanan 1 bulan.



Gambar 6. Grafik persentase kandungan air, pati, N total, dan pH uwi ungu

Gambar 6 menunjukkan perubahan kandungan air, pati, N total dan pH uwi ungu setelah pengeringan dan setelah penyimpanan 1 bulan. Kandungan air mengalami penurunan setelah proses pengeringan. Penurunan tertinggi dengan proses penjemuran di bawah sinar matahari selama 5 hari diikuti oven 65 °C selama 1 hari dan terakhir dengan penyimpanan pada suhu kamar selama 7 hari. Kandungan air mengalami penurunan tajam yaitu hanya 0,13-0,34 % setelah penyimpanan 1 bulan. Kandungan pati, N total, dan pH relatif tidak mengalami perubahan baik setelah pengeringan maupun setelah penyimpanan 1 bulan. Kandungan N total mengalami kenaikan setelah proses pengeringan dengan oven dibandingkan uwi segar. Penurunan pH terjadi setelah penyimpanan 1 bulan.

## E. PEMBAHASAN

### 1. Isolasi dan identifikasi kapang pada uwi

Hasil isolasi dan identifikasi kapang yang mampu tumbuh pada uwi (*Dioscorea alata* L) sebanyak 68 isolat terdiri dari 5 genus (Tabel 1). Isolat-isolat tersebut menunjukkan perbedaan genus kapang yang diperoleh dari uwi putih dan ungu sebelum pengeringan, setelah pengeringan dengan 3 metode yang berbeda, dan setelah penyimpanan selama 1 bulan. Genus kapang yang ditemukan pada penelitian ini adalah *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Rhizopus*, dan *Thalaromyces*.

Adanya variasi genus tersebut dipengaruhi oleh perbedaan komposisi uwi dan suhu penyimpanan. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan kapang perusak bahan makanan adalah ketersediaan air ( $a_w$ ), konsentrasi pH, temperatur baik selama proses maupun penyimpanan, tekanan gas terutama oksigen dan karbondioksida, konsistensi bahan makanan, status nutrisi bahan makanan, efek bahan terlarut spesifik, dan pengawetan (Pitt and Hocking, 1997).

Genus kapang yang ditemukan pada uwi putih dan ungu segar lebih bervariasi dibandingkan setelah pengeringan dan setelah penyimpanan 1 bulan. Sumber isolat kapang tersebut dapat berasal dari tanah maupun udara. Tanah merupakan habitat yang sangat sesuai untuk pertumbuhan kapang (Domsch, *et.al.*, 1980). Kapang yang mengkolonisasi selama pengeringan berasal dari atmosfer dalam bentuk spora selama penjemuran dan penyimpanan. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhannya pada substrat adalah ketersediaan nutrisi dan faktor lingkungan (Oigbo and Nwakammah, 2005). Lima genus kapang yang mendominasi 70% total kapang di udara yaitu *Cladosporium*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, dan *Aureobasidium*. Selain genus tersebut ditemukan juga *Rhizopus*, *Mucor*, *Circinella*, *Paecilomyces*, *Botrytis*, *Neurospora*, *Scopulariopsis*, dan *Geotrichum* (Samson, *et.al.*, 1995).

Pertumbuhan kapang pada uwi menunjukkan bahwa kapang mampu menggunakan uwi sebagai substrat. Umbi uwi (*Dioscorea alata* L) mengandung hemiselulosa (3,4 %), selulosa (1,6%), dan lignin (1,1 %) dari berat keringnya (Brunnschweiler, 2004). Kandungan lignoselulosa ini akan mempengaruhi jenis mikrobia yang mampu tumbuh pada uwi. Kapang termasuk degrader lignoselulosa yang kuat dibandingkan bakteri dan protozoa. Kemampuan kapang

melakukan penetrasi sampai jaringan tanaman dengan hifa dan aktivitas enzimatisnya memperlemah struktur dinding sel tanaman yang mengandung lignoselulosa. Hifa kapang mampu melakukan penetrasi ke dalam jaringan rekalsitran dan menghancurkan dinding sel tanaman dengan berbagai enzim, mendegradasi struktur jaringan tanaman. Aksesibilitas nutrisi di partikel substrat juga akan semakin meningkat karena akan ada pertumbuhan lebih lanjut ketika nutrisi di permukaan sudah habis (Akin, 1994; Dehority and Tirabaso, 2000; Lee and Cheng, 2000; Lynd, et al., 2002).

Kandungan pati umbi uwi cukup tinggi, mencapai 77,15-94,79 % (Tabel 3) sehingga mendukung pertumbuhan kapang. Pati (*starch*) dapat digunakan sebagai sumber C oleh kapang. Kapang merupakan salah satu pendegradasi *starch* pada umbi. Kapang memproduksi enzim ekstraseluler yaitu amylase yang mampu memecah amilum menjadi glukosa (Deacon, 1997). Uji aktivitas amilolitik menunjukkan *Penicillium* sp US 1B2 mempunyai nisbah zona terbesar dibandingkan isolat lain. Hal ini menunjukkan isolat tersebut mempunyai aktivitas amilolitik tertinggi. Ukuran koloni kecil tidak selalu berarti aktivitas enzimatis ekstraselulernya rendah. *Penicillium* mampu memproduksi enzim amilase (Domsch, 1980).

Nilai pH uwi putih dan ungu sebelum dan sesudah penyimpanan tidak banyak mengalami perubahan yaitu antara 5,07-6,43. Kisaran pH tersebut mendukung pertumbuhan kapang karena mayoritas kapang menyukai suasana asam (pH 3,5-8,0). Nilai pH mempengaruhi pertumbuhan fungi. Nilai pH menentukan muatan total protein membran yang berperan untuk uptake nutrisi, disosiasi garam mineral serta keseimbangan CO<sub>2</sub> terlarut dan ion bikarbonat (Deacon, 1997).

Uwi segar mempunyai kandungan nutrisi yang mendukung pertumbuhan kapang (Tabel 3). Salah satu faktor yang berperan yaitu kandungan air yang tinggi sehingga mendukung pertumbuhan banyak jenis kapang. Kapang memerlukan kadar air minimal 20 % untuk pertumbuhannya. Kapang menggunakan air untuk proses difusi nutrisi ke sel, melepaskan enzim ekstrasel, dan mempertahankan sitoplasmanya.

Genus kapang yang mampu tumbuh setelah proses pengeringan dan setelah penyimpanan 1 bulan didominasi oleh *Rhizopus*. Hal ini terutama dipengaruhi karakter pertumbuhan *Rhizopus* yang sangat cepat, ketersediaan kadar air yang rendah, dan ketahanan terhadap pemanasan. *Rhizopus* termasuk *Zygomycota* dengan karakter hifa yang tidak bersekat dan kemelimpahan sporulasi. Hal ini mempengaruhi kecepatan pertumbuhannya dibandingkan kelompok kapang dengan hifa bersekat (*Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, dan *Thalaromyces*).

*Rhizopus* mempunyai nilai  $a_w$  lebih rendah dibandingkan *Aspergillus*, *Fusarium*, dan *Penicillium* (Pitt and Hocking, 1997). Hal ini menyebabkan *Rhizopus* masih mampu tumbuh walaupun kadar air dalam substrat rendah. Miselia dan konidia *Aspergillus* dan *Penicillium* tidak tahan panas (54-56 °C) sedangkan proses pengeringan dengan oven mencapai 65°C (Samson, et al., 1995). *Rhizopus* relatif lebih tahan panas karena kemampuannya membentuk klamidospora yang tahan panas. Klamidospora apabila terdapat pada lingkungan yang mendukung maka akan membentuk individu baru. Selain itu ditemukan pula spesies *Rhizopus* yaitu *R. arrhizus* dan *R. stolonifer* yang mampu menghasilkan enzim yang tahan panas.



## 2. Pertimbangan hasil penelitian isolasi dan identifikasi kapang pada uwi (*Dioscorea alata* L) sebagai sumber belajar mata kuliah Mikologi

### a. Kejelasan potensi

Kejelasan potensi ditentukan oleh keberadaan objek dan permasalahan yang dapat diungkap. Objek yang digunakan pada penelitian ini adalah kapang yang berhasil diisolasi dan diidentifikasi pada uwi. Kasus yang digunakan adalah adanya kontaminasi kapang pada uwi. Sementara itu masalah yang ingin diungkap adalah pengaruh proses pengeringan dan penyimpanan terhadap pertumbuhan kapang pada uwi.

### b. Kesesuaian dengan tujuan belajar

Tujuan pembelajaran yang hendak dicapai pada hasil penelitian ini yaitu mengacu pada tujuan pembelajaran Mata Kuliah Mikologi Kurikulum 2002.

### c. Kejelasan sasaran

Sasaran yang hendak dituju yaitu :

1. Sasaran pengamatan yaitu karakter kapang yang tumbuh pada uwi
2. Sasaran kajian yaitu mahasiswa Biologi Program Studi Pendidikan Biologi dan Program Studi Biologi semester 5 FMIPA UNY
3. Sasaran penggunaan yaitu pada Standar Kompetensi "mahasiswa mampu memahami konsep dasar Mikologi, keanekaragaman fungi, karakteristik struktural, cara reproduksi, siklus hidup, nutrisi dan cara memperolehnya, aktivitas fisiologis, pertumbuhan fungi, serta peranan fungi pada berbagai bidang".

### d. Kejelasan informasi yang diungkap

Informasi yang akan diungkap yaitu isolasi dan identifikasi kapang pada uwi (*Dioscorea alata* L).

### e. Kejelasan pedoman eksplorasi

Pedoman eksplorasi yang dicapai yaitu eksplorasi kapang yang tumbuh pada uwi (*Dioscorea alata* L) dari umbi dan cara pengeringan yang berbeda

### f. Kejelasan perolehan yang diharapkan

1. Perolehan kognitif, secara sederhana dapat dibedakan atas:
  - a. pengetahuan mengenai karakter kapang yang tumbuh pada uwi
  - b. pengetahuan mengenai pengaruh cara pengeringan uwi terhadap keanekaragaman kapang yang tumbuh pada uwi tersebut.
2. Perolehan afektif yang diharapkan muncul antara lain:  
mahasiswa mampu mengembangkan sikap kritis terhadap permasalahan yang berkembang di masyarakat terutama mengenai kontaminasi pada bahan pangan.
3. Perolehan psikomotor yang diharapkan adalah :
  - a. Mahasiswa mampu melakukan teknik isolasi dan identifikasi kapang
  - b. Mahasiswa mampu mengamati karakter makroskopik dan mikroskopik kapang
  - c. Mahasiswa mampu menghitung persentase distribusi genus kapang

g. Manfaat hasil penelitian

1. Mahasiswa diharapkan dapat mengetahui pengawetan uwi dengan cara pengeringan yang paling efektif untuk mencegah pertumbuhan kapang.
2. Menambah khazanah sumber belajar yg berasal dari dalam negeri sehingga menumbuhkan rasa ingin tahu terhadap kasus dan permasalahan masyarakat.
3. Mahasiswa diharapkan memperoleh pengalaman nyata dengan kesehariannya.

## E. Penutup

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan :

1. Isolat kapang yang ditemukan tumbuh pada uwi (*Dioscorea alata* L) sebanyak 68 isolat, terdiri dari 5 genus yaitu *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Rhizopus*, dan *Thalaromyces*.
2. Data hasil isolasi dan identifikasi kapang yang tumbuh pada uwi (*Dioscorea alata* L) dapat dijadikan sebagai sumber belajar Mata Kuliah Mikologi.

Penelitian lebih lanjut diperlukan dengan memperbanyak jumlah dan jenis sampel agar hasil penelitian dapat digeneralisasi lebih kuat. Penggunaan metode dan medium isolasi yang berbeda diterapkan sehingga isolat kapang yang didapat lebih banyak dan bervariasi. Selain itu perlu dilakukan penelitian mengenai potensi lain isolat-isolat kapang tersebut sehingga dapat dimanfaatkan lebih optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. *Dioscorea alata*. Diakses melalui <http://www.Dioscorea.alata>. pada 30 Juli 2008.
- Abang, M.M., S. Winter, H.D. Mignouna, K.R. Green., and R. Asiedu., 2003, Molecular Taxonomic, Epidemiological and Population Genetic Approaches to Understanding Yam Antracnose Disease, dalam. *Afr. J. Biotechnol* 2(12), 486-496.
- Akin, D.E., 1994, Ultrastructure of plant cell-walls degraded by anaerobic fungi, dalam *Anaerobic fungi: biology, ecology, and function*, Marcel Dekker Inc., New York.
- Alexopoulos, J., C. Mims, and M. Blackwell., 1996, *Introductory Mycology*, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Brunnschweiler, J., 2004, Structure and Texture of Yam (*Dioscorea alata* L) and Processed Yam Products, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich.
- Bueno, D.J., J.O.Silva, and G.Oliver., 2001, Mycoflora in Commercial Pet Foods, dalam *Journal of food protection* 64 (5), 741-743.
- Deacon, J.W., 1997, *Modern Mycology*. 3rd ed., Berlin: Blackwell Science.
- Dehority, B.A. and P.A. Tirabasso, 2000, Antibiosis Between Ruminant Bacteria and Ruminant Fungi, dalam *Appl. & Environ. Microbiol.* 66 (7), 2921-2927.
- Djohar, 1984, Usaha Peningkatan Daya Guna dan Hasil Guna Penggunaan Sumber Belajar, FMIPA UNY Yogyakarta.

- \_\_\_\_\_, 1985, Sejarah Pendidikan Sains dan Implementasinya bagi Pengembangan Konsep Belajar Mengajar IPA, dalam *Cakrawala Pendidikan* 2, 7-9.
- \_\_\_\_\_, 1987, Peningkatan Proses Belajar Mengajar Sains melalui Pemanfaatan Sumber Belajar, dalam *Jurnal Pendidikan* 2 (17), 101-103.
- Domsch, K.H., W.Gams, and T.H.Anderson, 1980, *Compendium of Soil Fungi*, London: Academic press.
- Ellis, D., *Mycology*, 2008, diakses dari <http://www.adelaide.edu.au>, 30 Juli 2008.
- Gandjar, I., R.A.Samson, K.v.d Tweel-vermeulen, A.Oetari, dan I. Santoso, 1999, *Pengenalan Kapang Tropik Umum*, Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Ganjar, I., W. Sjamsuridzal, dan A. Oetari, 2006, *Mikologi: Dasar dan Terapan*, Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Garraway, M.O. and R.C. Evans, 1984, *Fungal Nutrition and Physiology*, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Imam, S dan Sukamto, 1999, *Mikrobiologi dalam Pengolahan dan Keamanan Pangan*, Penerbit Alumni, Bandung.
- Lee, S.S., J.K.Ha, and K.J. Cheng, 2000, Relative Contribution of Bacteria, Protozoa, and Fungi to In Vitro Degradation of Orchard Grass Cell Walls and Their Interactions”, dalam *Appl. & Environ. Microbiol.* 66 (9), 3807-3813.
- Lynd, L.R., P.J. Weimer, W.H. Van Zyl, and I.S. Pretorius, 2002, Microbial Cellulose Utilization: Fundamentals and Biotechnology, dalam *Microbiol & Molecular Biology Reviews* 66 (3), 506-577.
- Malloch, D., 1999, How Moulds can be Isolated, diakses dari <http://www.botany.utoronto.ca/research.labs/malochlab/malloch/moulds.html>, 1 Agustus 2008.
- Mulyasa, 2002, *Kurikulum Berbasis Kompetensi: CV Rosda Karya*, Bandung.
- Nana S dan Ahmad Rifai, 1997, *Teknologi Pengajaran*, CV Sinar Baru, Bandung.
- Okigbo, R.N. and P.T. Nwakammah, 2005, Biodegradation of White Yam (*Dioscorea rotundata* poir) and Water Yam (*Dioscorea alata* L) Slices Dried Under Different Conditions, dalam *KMITL. Sci.Tech.J.* 5(3), 577-585.
- Passam, H.C., The Curing of Yam (*Dioscorea* spp) Tubers for Improved Storage, <http://www.ciheam.C1020457>, diakses 30 Juli 2008.
- Pitt, J.I. and A.D. Hocking, 1997, *Fungi and Food Spoilage*, Academic Press, Sydney.
- Raper, K.B. and D.I. Fennel, 1965, *The Genus Aspergillus*, The Williams & Wilkins Co., Baltimore, 1965.
- Samson, R.A., E.S. Hoekstra, J.C. Frisvad, and O.C. Filtenberg, 1995, *Introduction to Food-borne Fungi*, 4th ed., CBS, Netherland.
- Sudarmadji, S., B. Haryono, dan Suhardi, 1984, *Prosedur Analisis untuk Makanan dan Pertanian*, Penerbit Liberty, Yogyakarta.
- Suratsih dan Wuryadi, 2002, *Diktat Kuliah: Kajian Kurikulum*, FMIPA UNY, Yogyakarta.
- Tortora, G.J., B.R. Funke, and C.L. Case, 2007, *Microbiology an Introduction*, 9th ed.,: Benjamin Cummings, New York.