

TEORI HEREDITAS MENDEL: EVOLUSI ATAU REVOLUSI (KAJIAN FILSAFAT SAINS)

Meilinda

Universitas Sriwijaya

Abstrak: Hereditas biasa didefinisikan sebagai transmisi genetik dari orang tua pada keturunannya, meski kejadian sesungguhnya tidaklah sesederhana itu. Anak pada dasarnya tidak mewarisi bentuk fisik seperti tinggi badan, warna kulit ataupun rambut. Anak juga tidak mewarisi bakat bermusik atau kecenderungan berbuat kriminal, yang diwarisi anak dari ayah dan ibunya adalah genotif mereka. Teori hereditas merupakan bahasan filsafat sains yang menarik untuk diperdebatkan karena selain mempengaruhi perkembangan bidang keilmuan biologi modern, hereditas juga mempengaruhi bidang sosial. Artikel ini akan membahas teori hereditas Mendel sebagai bagian dari filsafat perkembangan sains dengan membandingkannya pada teori-teori hereditas pra dan pasca Mendel. Dari hasil analisis dan kajian pustaka dapat disimpulkan bahwa teori hereditas Mendel merupakan revolusi paradigma sains jika dibandingkan dengan pra-Mendel tetapi merupakan evolusi paradigma sains jika dihubungkan dengan perkembangan teori hereditas pasca-Mendel

Kata Kunci: *Mendel, Hereditas, Filsafat Sains*

Pendahuluan

Serangkaian ide filsafat sains tentang evolusi atau revolusi paradigma, normal sains, falsifikasi dan tradisi ilmiah penelitian merupakan satu set alat pendeteksi kemajuan keilmuan sains (Susanto, 2010). Diperlukan pemahaman yang memadai terhadap proses sains yang berlangsung agar mampu meletakkan sebuah konsep pada *puzzle* ilmu pengetahuan yang ada dan salah satu konsep yang menjadi perdebatan menarik hingga saat ini ialah teori hereditas.

Penemuan hukum hereditas oleh Mendel (1866) pada perkembangan mempengaruhi cabang ilmu dan konsep penting dalam biologi seperti evolusi, perkembangan embrio makhluk hidup dan biologi molekuler bahkan bidang sosial. Diskusi hereditas yang paling panas dibidang sosial terjadi pada tahun 1970-an sampai 1980-an pada topik IQ dan ras (Mehler, 1996). Salah satu cabang ilmu Biologi yang berpengaruh besar setelah ditemukannya hukum Mendel ialah teori evolusi Darwin.

Darwin mengemukakan teorinya pada masa pra-Mendel ketika orang-orang belum

mengenal gen dan kromosom. Meski DNA sudah berhasil di ekstraksi ketika itu namun belum diketahui fungsinya (Sandler, 2000), ketika itu orang masih beranggapan bahwa sifat hanya diwariskan oleh sperma dan telur betina tidak menyumbang apapun pada sifat anaknya ataupun sebaliknya. Darwin dalam *On the Origin of Species* (1859) menyatakan dua hal penting dalam teori evolusi yaitu: a) Spesies-spesies yang hidup sekarang berasal dari spesies nenek moyangnya di masa lalu; b) perkembangan spesies dipengaruhi oleh seleksi alam dan variasi antar populasi (Darwin, 2015). Teori evolusi Darwin berhasil meyakinkan sebagian besar ahli biologi bahwa variasi telah mengarah pada evolusi hereditas, tetapi kurang berhasil meyakinkan mereka bahwa seleksi alam merupakan mekanisme utamanya. Darwin tidak menawarkan penjelasan yang tepat tentang kemunculan spesies baru (Zalta *et al*, 2010) hingga kemudian teori hereditas Mendel yang bersifat empiris menutupi kekurangan teori evolusi Darwin dan ini terjadi pada teori-teori lain yang muncul setelahnya (Bonduriansky, 2012)

Berdasarkan fakta tentang peran dan pengaruh teori hereditas Mendel diatas maka pertanyaan yang muncul dan akan dibahas pada artikel ini ialah bagaimana posisi teori hereditas Mendel terhadap paradigma-paradigma pra-Mendelism dan pasca-Mendelism apakah merupakan evolusi atau sebuah revolusi dalam paradigma filsafat sains?

Hereditas

Hereditas ialah genotif yang diwariskan dari induk pada keturunannya dan akan membuat keturunan memiliki karakter seperti induknya. Warna kulit tinggi badan warna rambut, bentuk hidung bahkan “penyakit warisan” merupakan dampak dari penurunan sifat. Hereditas dibawa oleh oleh gen yang ada dalam DNA masing-masing sel makhluk hidup dan pada makhluk hidup multiseluler, tubuhnya tersusun atas puluhan sampai trilyunan sel dengan massa DNA yang saling mengkait

Definisi hereditas sebagai transmisi genetik dari orang tua pada keturunannya merupakan penyederhanaan yang berlebih karena sesungguhnya yang diwariskan oleh anak dari orangtuanya adalah satu set alel dari masing-masing orang tua serta mitokondria yang terletak di luar nukleus (inti sel), kode genetik inilah yang memproduksi protein kemudian berinteraksi dengan lingkungan untuk membentuk karakter fenotif (Mehler, 1996). Istilah hereditas akan mengenalkan terminologi Gen dan Alel sebagai ekspresi alternatif yang terkait sifat. Setiap individu memiliki sepasang alel yang khas dan terkait dengan tetuanya. Pasangan alel ini dinamakan genotif apabila individu memiliki pasangan alel yang samakan maka individu tersebut bergenotipe *homozigot* dan jika berbeda maka disebut heterozigot (Campbell, 1999). Jadi karakter atau sifat merupakan fenotif dan manusia merupakan karakter yang kompleks dari interaksi genotif yang unik dan lingkungan yang khas.

Teori Hereditas Pra-Mendel

Filsuf Yunani mempunyai bermacam ide tentang hereditas, Theophrastus menyatakan bahwa bunga jantan membuat bunga betina menjadi matang Hipokrates menduga bahwa “benih” diproduksi oleh berbagai anggota tubuh dan diwariskan pada saat terjadi pembuahan sementara Aristoteles menyatakan bahwa semen jantan dan betina bercampur pada saat pembuahan. Aeskhylus pada tahun 458 SM mengajukan ide bahwa pejantan adalah orang sebenarnya dan betina adalah perawat dari bayi yang disemai di dalamnya.

Teori hereditas paling awal yang paling berpengaruh adalah teori *Preformation* yang menyatakan bahwa organisme yang diwariskan akan mempertahankan bentuknya dari satu generasi ke generasi berikutnya, organisme tersebut merupakan miniatur dari organisme dewasa dan telah terbentuk jauh sebelumnya. Jauh sebelum penelitian Mendel dengan “faktor mendel” yang menjadi faktor penentu hereditas, manusia percaya bahwa terdapat proses penurunan sifat dari induk kepada keturunannya. Aristoteles (384-323 SM) menyatakan bahwa organisme sederhana dapat menjadi kompleks dan sempurna karena peristiwa metafisika, sedang Lamarck menyatakan bahwa perubahan organisme dipengaruhi lingkungan (Skopek, 2008). Berbagai mekanisme hereditas diajukan tanpa dikuantifikasi dengan layak beberapa diantaranya tentang pewarisan campuran dan pewarisan sifat dapat namun memvariasikan hewan dan tanaman domestik yang dapat dikembangkan melalui selektif artificial (Griffith & Stotz, 2013). Selanjutnya penemuan “binatang kecil” oleh Antoine Van Leeuwenhoek (1632-1723) menjadi dasar dari teori “spermis” yang dilanjutkan dengan teori lainnya yang bertentangan yaitu teori “Ovis” sedang ide yang kelihatan menyatukan kedua teori tersebut ialah pangenesis.

Pangenesis merupakan sebuah ide yang menyatakan bahwa pria dan wanita membentuk sebuah “pangen” dalam setiap organ tubuhnya. Pangen tersebut kemudian berjalan ke alat kelamin melalui darah. Secara umum ide ini sama dengan ide awal filsuf Yunani kuno dan mempengaruhi konsep hereditas sampai seratus tahun hingga kemudian Francis Galton melakukan percobaan yang berhasil membatah ide pangenesis tersebut pada tahun 1870 (Bourrat, 2014).

Weissmann (1892) mendalilkan “teori plasma nutfah” untuk menjelaskan faktor hereditas. Menurut Weismann tubuh organisme mengandung dua jenis sel yaitu sel somatik dan reproduksi. Sel somatik yang bertanggung jawab membentuk tubuh dan berbagai jenis organ sedangkan sel reproduksi membentuk sperma dan ovum. Sel somatik mengandung “somatoplasma” sedang sel reproduksi mengandung plasma nutfah. Plasma nutfah dapat membentuk somatoplasma tetapi tidak sebaliknya. Berdasarkan percobaan Weismann pada ekor tikus yang dipotong pada beberapa generasi, perubahan sel-sel somatik karena lingkungan tidak dapat mempengaruhi sel-sel reproduksi dengan percobaan tersebut Weissmann menolak Lamarkisme dan teori Pangenesis. Meski teori partikulat Weissmann menghadapi banyak pertentangan tetapi teori tersebut menjadi konsep dasar dari pemahaman genetika modern (Downe, 2010)

Teori Hereditas Klasik

Penelitian empiris tentang hereditas dimulai ketika penelitian Mendel (1822-844) ditemukan kembali oleh Hugo De Vries dan Erich Tshermark secara terpisah pada tahun 1900 (Allen,, 2003). Sebenarnya Mendel bukanlah orang yang pertama kali melakukan percobaan-percobaan persilangan. Sejumlah percobaan yang terdokumentasi telah dilakukan sebelum masa Mendel diantaranya adalah: a) pembuatan *Raphanobrassica* melalui persilangan lobak dan kubis pada abad

ke 17 oleh Kohlreuter yang bertujuan untuk menghasilkan tanaman yang memiliki lobak sebagai umbinya dan kubis di atas tanah dan penelitian ini tidak berhasil dilakukan; b) Penemuan dan penjelasan tentang pembuahan ganda pada tumbuhan berbunga (Magnoliophyta) oleh E. Strassburger (1878) dan S Nawaschin (1898); c) Percobaan terhadap ribuan persilangan olah Charles Darwin pada abad ke-19 yang dipublikasi pada tahun 1896 dengan judul “*The variation of animal and plant under domestication*” pada percobaan tersebut Darwin menemukan adanya penurunan tampilan pada generasi hasil perkawinan sekerabat (*depressi inbreed*) dan penguatan penampilan pada persilangan antar inbreed (heterosis) meski Darwin tidak mampu memberikan penjelasan.; d) Usaha menjelaskan kemiripan oleh Karl Pearson melalui metode regresi yang kemudian menjadi dasar dari teknik statistik modern (Sandler, 2000).

Perbedaan Mendel dengan teori hereditas klasik ialah Mendel mampu mengamati keseluruhan sifat yang kompleks dan menemukan pola pewarisan tersebut sifat demi sifat sehingga mudah untuk diikuti (Sandler, 2005). Karya Mendel tentang pola pewarisan sifat ini dipublikasikan pada tahun 1966 pada *Proceeding of the Brunn Society for Natural History* dan baru ditemukan kembali 30 tahun setelahnya (tahun 1900). Peristiwa ini menandai era dari genetika klasik (Downe, 2010)

Teori Hereditas Pasca Mendel

Menurut Suriasumantri (2003) ada empat cara memperoleh pengetahuan yaitu pertama dengan rasio yang dikembangkan oleh pendukung rasionalis dan dikenal dengan nama rasionalisme, kedua ialah pengetahuan yang diperoleh berdasarkan pengalaman atau empirisme, ketiga ialah pengetahuan yang diperoleh ketika seseorang memikirkan permasalahannya secara penuh dan terfokus kemudian secara tiba-tiba menemukan jawaban atas permasalahan tersebut. Hal ini

dinamakan intuitif, sedangkan yang keempat ialah pengetahuan berdasarkan wahyu.

Teori hereditas mengalami perkembangan yang sengit pada dua kelompok yaitu rasionalis dan empiris. Teori hereditas sebelum Mendel lebih banyak dipengaruhi oleh rasionalis. Penggabungan rasionalis dengan sedikit empiris ialah teori variasi/hereditas Darwin, akan tetapi teori seleksi alam oleh Darwin memerlukan penjelasan lebih lanjut yang tidak dapat dijelaskan oleh Darwin sendiri. Sebagai bagian dari ketidak sepakatan tentang kecukupan seleksi alam sebagai faktor dari variasi, George Romanes menciptakan istilah neo-darwinisme yang merujuk pada Alfred Russel Wallace dan August Weismann (Bronan, 2014). Wallace dan Weismann lebih cenderung pada seleksi alam daripada gagasan Lamarck tentang warisan karakter meskipun dalam *Difficulties of Theory* Darwin mempertanyakan sendiri teorinya dengan menyatakan “*jika suatu spesies memang berasal dari spesies lainnya, mengapa perubahannya sedikit demi sedikit?, mengapa kita tidak melihatnya dalam jumlah yang besar bentuk transisi tersebut di mana pun?, mengapa alam tidak berada dalam kacau balau tetapi justru kita melihat spesies tersebut dalam bentuk yang sebaik-baiknya? Karena menurut teori ini, seharusnya ada bentuk peralihan yang besar tetapi kenapa kita tidak menemukannya di kerak bumi dalam jumlah tak terhitung dan pada daerah peralihan mengapa kita menemukan kondisi hidup peralihan, mengapa sekarang kita tidak temukan jenis-jenis peralihan dengan kekerabatan yang erat? Sungguh telah lama kesulitan ini membingungkan saya*” (Darwin, 2015). Kelemahan teori Darwin ialah tidak menawarkan penjelasan yang tepat tentang bagaimana spesies baru dapat muncul, seleksi alam membutuhkan proses penurunan hereditas yang tidak dapat dijelaskan oleh Darwin tetapi kemudian menjadi terang ketika

Mendel mengemukakan teorinya dalam hukum Mendel (Bounduriansky, 2012).

Perkembangan signifikan teori hereditas terjadi setelah ditemukannya hukum Mendel, perbedaan signifikan antara pra-Mendel dan pasca-Mendel ialah menguatnya kajian empiris ketimbang rasionalis semata. Menurut Popper (1968), teori-teori ilmiah selalu dan hanyalah bersifat hipotesis (dugaan sementara) dan tidak ada kebenaran terakhir. Setiap teori selalu terbuka untuk digantikan oleh teori yang lebih tepat, dengan kata lain kebenaran hanyalah sementara, hal ini disebutnya sebagai *The Thesis of Futility*

Perkembangan teori hereditas lebih lanjut pasca Mendel terjadi ketika Walter S Sutton dan T Boveri secara terpisah mengembangkan riset tentang perilaku kromosom dalam pembelahan sel tubuh dan sel kelamin serta mengemukakan adanya keterpautan gen (*gen linkage*). Istilah gen sendiri mula-mula digunakan oleh ahli genetika Denmark, Johansen pada tahun 1906 sebagai nama bagian dari satuan pewarisan sifat yang dipostulatkan oleh Mendel. Menjelang 1940-an, studi genetika berkembang pesat dan pada saat itu telah dipastikan bahwa pembawa faktor-faktor keturunan ialah kromosom dalam sel dan istilah gen digunakan untuk unit-unit pembawa faktor keturunan dalam kromosom. Pada tahun 1940, dua orang ahli biologi Amerika yaitu Beadle dan Tatum mengerjakan riset yang menghasilkan kesimpulan bahwa produksi suatu enzim ditentukan oleh ada atau tidak adanya gen tertentu dan dalam pekerjaannya tersebut mereka mereduksi peristiwa biologi menjadi peristiwa kimia. Di tahun 1944 tiga orang ilmuwan lainnya dari Amerika yaitu Avery, Leod dan Mc. Carty menunjukkan bahwa bakteri melakukan perpindahan faktor hereditas melalui DNA, dalam penelitian tersebut mereka mengekstrak sel bakteri yang gagal mentransformasi sel bakteri lainnya kecuali jika DNA dalam ekstrak dibiarkan utuh. Eksperimen Hersey

dan Chase membuktikan hal yang sama dengan menggunakan pencari jejak radioaktif (*radioactive tracers*). Misteri yang belum terpecahkan pada periode ini ialah bagaimana struktur DNA sehingga ia mampu bertugas sebagai materi genetik. Persoalan ini kemudian dijawab oleh Crick dan Watson berdasarkan hasil difraksi sinarX DNA oleh Wilkins dan Franklin hingga kemudian hari Crick, Watson dan Wilkin mendapatkan hadiah Nobel kedokteran pada tahun 1962 atas penemuan-penemuan di atas.

Definisi gen sendiri telah mengalami evolusi sejalan dengan genetika. Pada konsep Mendelism, suatu gen digambarkan sebagai unit penurunan sifat yang memiliki ciri-ciri tersendiri dan mempengaruhi karakter fenotifnya. Sementara itu Morgan dan koleganya menempatkan gen dalam lokus-lokus tertentu di kromosom sedangkan ahli genetika berikutnya menggunakan lokus sebagai nama lain dari gen. Evolusi lebih lanjut dari gen ialah ia dipandang sebagai suatu daerah urutan nukleotida spesifik di sepanjang molekul DNA sehingga pada akhirnya ilmuwan menggunakan istilah gen fungsional sebagai urutan DNA yang mengkode rantai polipeptida atau molekul RNA (Hartl & Jones, 1998; Saefuddin, 2007; Campbell, 1999). Penemuan terbaru tentang karakter DNA dan gen oleh Tomas Lindahl, Paul Modrich dan Aziz Sancar (2015) yang memperoleh Nobel pada tahun 2015 menunjukkan bahwa molekul DNA meski rentan mengalami mutasi tetapi memiliki kemampuan untuk memperbaiki dirinya. Lindahl menemukan bahwa enzim glikolase berperan untuk menemukan kecacatan pada sitosin, ketika sitosin kehilangan amino dan berubah menjadi basa urasil enzim glikolase akan mengkoreksinya. Sementara itu Sancar berhasil mengungkapkan “bengkel molekuler” namun dalam skenario yang berbeda, Sancar menemukan bahwa enzim eksinuklease mampu mendeteksi kelainan pada sel yang rusak akibat sinar ultraviolet selanjutnya DNA

polimerase dan DNA ligase menyempurkan hasil koreksi dari enzim eksinuklease tersebut. Modrich mengungkapkan bahwa dalam proses replikasi kadangkala terjadi basa berpasangan dengan basa yang salah dan kesalahan tersebut kemudian di salin. Menurut hasil pengamatan Modrich dua enzim yang disebut Muts dan MutL berperan penting dalam menemukan kesalahan tersebut kemudian MutH memotong bagian yang dan selanjutnya dikoreksi dan diperbaiki oleh DNA polimerase dan ligase (Kresge, 2009; Mughes G., 2015; BBC, 2015).

Peta Perkembangan Sains Pra-Mendel dan Pasca-Mendel

Pengetahuan ilmiah akan terus berubah berbanding lurus dengan ditemukannya fakta-fakta baru. Hal ini karena tujuan sains ialah untuk menggantikan gagasan-gagasan yang ada sehingga progresif terhadap kebenaran. Sains kontingen terhadap dinamika sejarah dan komunitas ilmuwan sehingga kebenaran ilmiah pun berubah-ubah secara revolusioner. Sains merupakan pengetahuan ilmiah, terbentuk bukan hanya dari akumulasi fenomena alam yang sistematis tetapi juga metode dan sikap ilmiah. **Perkembangan gagasan sains dapat terjadi dengan dua cara yaitu evolusi atau revolusi. Evolusi** terjadi jika teori-teori ilmiah yang telah ada berhasil difalsifikasi teori yang baru yang lebih dekat kebenarannya, meskipun demikian teori-teori yang berhasil memfasifikasi teori-teori lama ini tetap berpijak pada sebagian dari teori lama tersebut (Popper, 1968). **Revolusi** menurut Kuhn (1970) berasal dari konsep kunci “paradigma”. Kegiatan keilmuan dalam satu paradigma disebut dengan nama normal sains, jika sebuah aktivitas keilmuan berada pada satu paradigma maka pengetahuan ilmiah yang dihasilkan tidak lebih dari akumulasi eksplanasi ilmiah pada sebuah normal sains. Proses akumulasi ini akan terus berlangsung hingga ditemukan sebuah anomali yang tidak dapat dijelaskan secara saintifik. Akumulasi

dari anomali-anomali akan memunculkan krisis pada normal sains dan akan memunculkan sebuah paradigma baru yang dapat menjelaskan anomali yang muncul dari paradigma normal sains. Proses ini akan menempatkan paradigma-paradigma yang saling bertentangan ini dalam sebuah pertarungan paradigma dan ketika paradigma baru mendapatkan dukungan dari penelitian-penelitian setelahnya maka terjadilah pergeseran paradigma (Kuhn, 1979; Firman, 2015)

Dari uraian tentang perkembangan pengetahuan ilmiah paradigma teori hereditas pra-Mendel dan Pasca-Mendel di atas, maka bagaimana posisi hukum Mendel pada peta pengetahuan pra dan pasca Mendel, apakah hukum Mendel merupakan sebuah evolusi atau menjadi revolusi dari paradigma-paradigma pengetahuan tersebut. Menurut Kuhn terdapat dua karakteristik dari substansi paradigma yaitu paradigma berpotensi menawarkan unsur tertentu yang baru dan akan menarik pengikutnya untuk keluar dari paradigma sains normal sebelumnya atau paradigma yang menawarkan persoalan-persoalan baru yang masih terbuka dan belum terselesaikan. Asumsi Kuhn ini lahir dari pandangan bahwa obyektifitas sains tidak bersifat otoritatif dan hanya sebatas *a justified final detection* (Kuhn, 1970). Asumsi Kuhn menjadi landasan bagi paradigma epistemologi yang mengkritisi keyakinan manusia bahwa sains merupakan representasi realitas. Epistemologi sains menerima teori sains sebagai sebuah revolusi atau nama kreasionisme, akibatnya akan selalu ada ruang otonomi dalam sains untuk mencari kebenaran pada pertarungan paradigma dan prediksi hingga saling mengisolasi teori yang satu dengan yang lainnya.

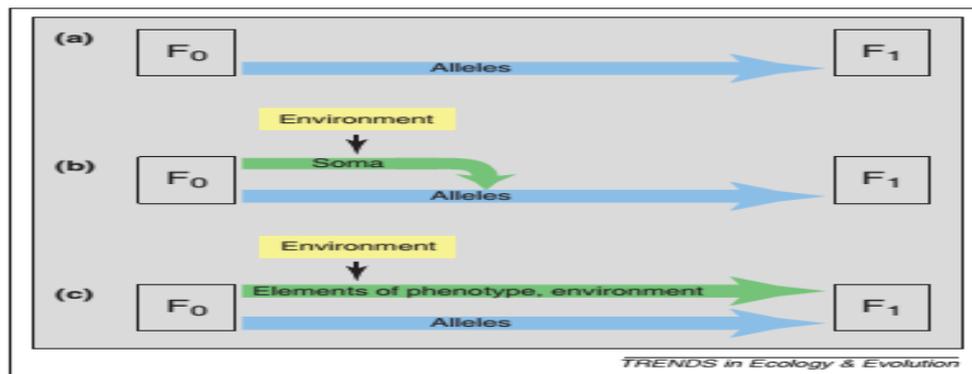
Pada kasus pra-Mendel dan Mendelism, yang terjadi adalah **revolusi paradigma**. Ada perbedaan paradigma antara Mendel dan Pra-Mendel. Pada pra-Mendel, variasi hereditas terjadi akibat percampuran

antara kedua induk yang diwariskan ke generasi berikutnya (*Vapour and Liquid Theory & Partikulat Theory*) dan pendominasian salah satu karakter orang tua terhadap keturunannya (*preformation Theory*). Variasi yang terjadi pada generasi menurut pra-Mendel terjadi karena pengaruh lingkungan (Lamarck dan Darwin) yang kemudian di wariskan dari generasi ke generasi. Variasi yang terjadi pada skala individu ini yang akhirnya akan mendorong pada proses evolusi (Darwin, 2015). Penolakan hukum Mendel oleh pendukung paradigma pra-Mendel dikarenakan perbedaan gagasan proses terjadinya variasi hereditas. Pendukung pra-Mendel memiliki perbedaan paradigma terhadap terjadinya variasi hereditas yang berdampak pada evolusi makhluk hidup yaitu akibat pengaruh lingkungan atau karena faktor gen. Sementara menurut Mendel evolusi akan terjadi bila terdapat mutasi dan menurut percobaan Morgan, mutasi tidak menyebabkan evolusi tetapi memperluas terjadinya variasi (Burian, 1985).

Pada kasus Mendelism dan pasca-Mendel yang terjadi ialah evolusi, akan tetapi evolusi pada paradigma Mendelism dan pasca-Mendelism menurut analisa penulis tidak berdasarkan model Popper tetapi lebih pada perkembangan evolusi sains menurut Laudan. Menurut Laudan bisa saja para ilmuwan bersepakat dan menerima sebuah eksplanasi ilmiah dan pada saat yang sama mereka mengalami perbedaan pendapat (disensus) mengenai kesesuaian teori tertentu pada kriteria tertentu yang membentuk eksplanasi ilmiah tersebut atau juga ketidaksepakatan terhadap metode yang digunakan untuk mencapai eksplanasi ilmiah yang lebih baik. Bahkan menurut Laudan, orang bisa saja tidak sepakat tentang tujuan dari disiplin keilmuan yang mereka miliki sementara pada saat yang sama mereka menerima metode dan eksplanasi ilmiah yang sama (Jena, 2012).

Pada Fakta-fakta baru yang ditemukan pasca-Mendel mengakibatkan hingga saat ini terdapat tiga paradigma dalam memandang variasi hereditas yaitu: a) *Hard heredity*; b) *Soft heredity* dan c) *new sintesis of heredity* (Falk, 2015). Ketiga pandangan ini memfasilitasi gen dan lingkungan sebagai faktor variasi hereditas

pada individu dengan *Haryad hereditas* lebih cenderung pada paradigma Mendelism, *soft heredity* lebih cenderung pada pasca-Mendel sedangkan *new sintesis heredity* merupakan paradigma baru yang dianut oleh Lindahl, Modrich dan Sanjar. Perbedaan ketiga paradigma tersebut dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Variasi Paradigma Pasca-Mendel

Sains menurut Laudan memiliki wilayah otonom dan teritorial yang berbeda dengan pencarian kebenaran. Sains menerangi kebenaran ilmiah dalam perspektif yang berbeda, sains tidak mengenal kebenaran sebagai sebuah doktrin abadi tetapi lebih bersifat berkali-kali (*continuous*) dan segalanya pada satu (*all at one*). Laudan melihat bahwa setiap ilmuwan memiliki kriteria atau patokan keilmuan masing-masing terhadap paradigma yang diikutinya dan kemudian menjustifikasi keilmuan tersebut secara bersama-sama dalam sebuah disiplin ilmu tertentu (Jena, 2012). Karena itu model evolusi Laudan memiliki tiga jaringan sekaligus yang berbeda dengan Popper yaitu: pertama, setiap level dari model hirarki bersifat terbatas dan tidak mendikte level-level lainnya, meskipun terdapat ketidaksepakatan mengenai tujuan-tujuan yang tidak dapat dipecahkan secara rasional, tetapi hal tersebut bukanlah inti dari persoalan dalam perubahan sains. Kedua, setiap level dari model hierarki bersifat independen antara satu sama lain dan memungkinkan terjadinya perubahan

paradigma secara bertahap. Ketiga ialah bahwa perkembangan ilmu hanya dapat diputuskan dengan merujuk secara relatif pada sebuah tujuan tertentu yang telah ditetapkan (Laudan *et al.*, 1986)

Penutup

Perkembangan sains pada hakikatnya berjalan secara progresif dan berbanding lurus dengan ditemukannya fakta-fakta baru. Teori hereditas Mendel (Hk. Mendel) yang kehadirannya mampu merevolusi paradigma teori hereditas pra-Mendel. Kehadiran Mendel dengan teori hereditasnya selanjutnya menjadi pelengkap dan memperjelas dari teori-teori pasca-Mendel. Karena itu memandang perkembangan sains pada teori hereditas hanya sebagai sebuah revolusi paradigma, tidaklah cukup. Diperlukan model lain yang mampu menggambarkan perkembangan tersebut terutama pada periode Mendel ke pasca-Mendel dan model evolusi Laudan lebih tepat untuk hal tersebut.

Daftar Pustaka

- Allen G.E., (2003). Mendel and modern genetics: the legacy for today. *Journal of Endeavor*. Vol. 27(2): 63-8.
- BBC. (2015). *Tiga Ilmuwan Meraih Nobel Kimia Terkait Pemulihan DNA*. [online] diakses pada laman https://www.bbc.com/indonesia/majalah/2015/10/151007_majalah_nobel_kimi_a. Tanggal 9 November 2015.
- Bounduriansky R., (2012). Rethinking heredity, again. *Journal of Trends in Ecology and Evolution*. Vol 27 (6): 226-330.
- Burian R. (1985). On conceptual change in biology. In David Depew dan Bruce Weber (eds.). *Evolution at acrossroad*. (Cambridge, MA: MIT Press, 1985). pp.21-24.
- Campbell., Reece., Mitchell., (1999). *Biology*. Edisi ke-5. Diterjemahkan oleh Wesman Menalu. Jakarta: Erlangga.
- Darwin C., (2015). *The origin of the Species: by Means of Natural Selection*. Diterjemahkan oleh Ira Tri Ongo. Yogyakarta: Indoliterasi.
- Downes S.M., (2010). *Heritability Stanford Encyclopedia Of Phylosophy*. California: Stanford.
- Falk R., (2015). Review of genetics and philosophy: an introduction. *Journal of Philosophy of Science*. Vol 81(3): 470-475.
- Firman H., (2015). *Materi Perkuliahan Filsafat Ilmu pada Program Pasca Sarjana Universitas Pendidikan Indonesia (UPI)*. Bandung: Tidak Diterbitkan
- Griffith P.E., & Stotz K., (2013). *Genetics dan Philosophy: An Introduction*. New York: Cambridge University Pres.
- Hart T.L., & Jones E.W. (1988). *Genetics: Principles and Analysis*. Massachusetts: Jones dan Barlets Publisier.
- Jenna Y., (2012). Thomas Kuhn tentang perkembangan sains dan kritik Larry Laudan. *Journal MELINTAS*. Vol.2: 161-181.
- Mehler B., (1996). Heredity and hereditarianism. *Philosophy of Education and Encyclopedia*. Ed. J.J. Chambliss. *Garland Publishing, Inc.*
- Mughes G., (2015). 2015 Nobel Prize in chemistry for DNA repair. *Current Science*. Vol.109 (9):1533-1536
- Kuhn, T., (1970). *The Structure of Scientific Revolution*, Ed.2., Chicago: University of Chicago Press.
- Kresge N., Simoni R., Robert L., (2009). DNA repair mechanism: the work of Aziz Sachar. *The Journal of Biological Chemistry*. Vol 284 (44): e19
- Laudan L., Donovan A., Laudan R., Barker P., Brown H., Leplin J., Thagard P., Wysktra S., (1986). Scientific change: Philosophical models and historical research. *An International Journal for Epistemology, Methodology and Philosophy of Science*. Vol 69(2): 141-223
- Sandler I., (2000). Development: Mendel's legacy to genetics. *Journal of Genetics*. Vol 154:7-11.
- Saefudin. (2007). *Hand Out Genetika. Prodi Pendidikan Biologi*. UPI. [online] diunduh pada tanggal 20 November 2015 di http://file.upi.edu/direktori/FPMIPA/JUR_PEND_BIOLOGI/106307011988031-
- Skopek J., (2008). *Shaping Science with The Past: Textbook, History dan Disciplining of Genetics*. Disertation Univ. Cambridge.
- Susanto A., (2014) *Filsafat Ilmu: Suatu Kajian Dalam Dimensi Ontologis, Epistimologis dan Aksiologis*, Jakarta: PT. Bumi Aksara.

Suriasumantri S.J., (2003). *Filsafat Ilmu: Sebuah Pengantar Populer*. Jakarta: Pustaka Sinar Harapan.

Popper K.R., (1968). *The Logic of Scientific Discovery*. New York, London: Harper & Row

Zalta E.N.,(2010). Heretability. *Stanford Encyclopedia of Philosophy Publisher*. California: The Metaphysics Research Lab Center for the Study of Language and Information Stanford University. Stanford.