

PARADIGMA DALAM ILMU-ILMU KEALAMAN

Liek Wilardjo

“Paradigma” berasal dari Bahasa Yunani , • • • • • ’ • • • • • , yang berarti 'contoh'. Istilah ini sudah dipakai Plato dalam teorinya tentang gagasan. Dalam telaah teoretis-Ilmiah Aristoteles, "kesimpulan paradigmatik" berada di antara silogisme apodiktik dan imbasan (induksi). Namun Thomas S. Kuhn-lah yang memakai dan mempopularkannya, melalui pandangannya tentang perkembangan ilmu, sebagai suatu konsep-dasar teoretis-ilmiah untuk menganalisis ilmu (Mittelstrasz, 1995. p.33). Karena itu, untuk membicarakan paradigma tak-bisa-tidak kita harus meninjau perkembangan ilmu *a la* Kuhn itu. Terlebih-lebih lagi kalau diingat bahwa yang hendak kita bahas ialah paradigma dalam ilmu-ilmu kealaman saja. Bukantah Kuhn sebelum *melembar* ke Sejarah dan terus ke Filsafat Ilmu semula adalah seorang fisikawan? Bukantah Fisika termasuk-dan bahkan merupakan salah satu dari yang paling dasar-dalam ilmu-ilmu kealaman (*Naturwissenschaften*)? Tetapi sebelum kita melihat bagaimana ilmu-atau lebih spesifik lagi, ilmu-ilmu kealaman-berkembang menurut Kuhn, sebaiknya kita satukan dulu pengertian kita tentang ilmu dan tentang ilmu-ilmu kealaman.

Ilmu dan Ilmu-Ilmu Kealaman

Secara umum dapat dikatakan bahwa ilmu ialah *suatu* cara untuk *mengetahui*. "Suatu cara" tentulah salah satu saja dari sejumlah cara, berarti bukan satu-satunya cara. Di luar cara keilmuan (*scientific method*) masih ada cara-cara lain untuk mengetahui, dan tak ada pretensi bahwa cara keilmuanlah yang paling unggul. Sebaliknya, justru ada kerendahan hati untuk mengakui bahwa banyak pertanyaan-termasuk yang sangat penad bagi manusia-yang tak dapat dijawab oleh ilmu. Misalnya, ilmu tak mampu menjawab pertanyaan tentang apakah masih ada lanjutannya, setelah hidup manusia

di dunia ini berakhir dalam kematian. Juga belum dapat dijawab oleh ilmu, apakah ada makhluk yang secerdas atau lebih cerdas daripada manusia, di jagat raya ini. Bahkan apakah alam semesta ini diciptakan atau tercipta pada atau mulai saat tertentu, atautkah sudah dan akan senantiasa ada dari kekekalan sampai kekekalan, baru dapat diperkirakan oleh ilmu secara spekulatif. *Sangkan-paraning dumadi* (asal-muasal dan tujuan akhir segenap ciptaan) juga tidak diketahui secara keilmuan.

Kalau kita bisa sepakat bahwa ilmu bertumpu pada landasan ontologis, epistemologis dan aksiologis, maka ilmu-ilmu kealaman ialah ilmu yang landasan ontologisnya ialah alam. Artinya, realitas yang hendak diketahui melalui kegiatan keilmuan dalam disiplin ilmu-ilmu kealaman ialah alam : hakikatnya, rahasia-rahasia yang dikandungnya, dsb. Alam ini dapat dipilah atas alam *nirnyawa* (*the inanimate world*) dan alam bernyawa, dan pembicaraan kita tentang paradigma nanti akan lebih mengacu ke alam nirnyawa.

Seperti ilmu pada umumnya-atau setidaknya-tidaknya seperti ilmu-ilmu kealaman, lebih khususnya-ilmu-ilmu kealaman yang menggarap alam nirnyawa, misalnya Fisika dan Kimia, mempunyai dua komponen. Kedua komponen itu ialah komponen eksperimental dan komponen teoretis. Tanpa kehilangan kerampatan (*generality*), selanjutnya kita akan memakai Fisika untuk mewakili berbagai ilmu kealaman tentang alam nirnyawa.

Komponen eksperimental dari Fisika berupa interaksi antara manusia (fisikawan) dan alam nirnyawa, termasuk aspek materi dari paduan pikiran dan materi (*mind and matter*) atau paduan raga dan jiwa (*body and soul*) dari dunia bernyawa (*the animate world*). Pada dasarnya interaksi ini berupa pengamatan dan pengukuran, dan menghasilkan data. Komponen teoretisnya berupa penafsiran yang bernalar (*rational*) atas data pengamatan/pengukuran itu. Dari jalinan kedua komponen ini diperoleh gambaran tentang peristiwa dan gejala dalam alam nirnyawa, sehingga peristiwa itu dapat dijelaskan dan dipahami. Bahkan lebih dari sekedar memberi penjelasan, peristiwa serupa atau entitas fisis yang terkait tetapi belum ditemukan, mungkin juga dapat diramalkan. Prediksi teoretis itu dapat memicu perburuan gencar di belantara penelitian eksperimental.

Uraian ini lebih menonjolkan sosok Fisika sebagai ilmu murni atau ilmu dasar (*pure/basic science*) yang berkiblat ke ideal Aristoteles. Ini berarti "ilmu untuk ilmu". Gambarannya adalah fisikawan yang berjuang dengan segenap ketajaman penalarannya, dengan kejelian pengamatannya yang cermat, dan dengan semangat pantang menyerahnya menghadapi kesulitan, untuk menyingkapkan-walaupun hanya sedikit-tabir rahasia alam. Dan kegiatan ini dilakukannya di "menara gading", tanpa memikirkan manfaat penemuannya. Ia seakan-akan terobsesi oleh pusa dakhil (*internal urge*) dan renjana (*yearn*) untuk memuaskan rasa ingin-tahunya yang kodrati (*natural curiosity*). Namun keinginannya untuk mengetahui lebih banyak dan lebih mendalam tentang alam ini tak pernah terpuaskan. Tentang ilmu murni ini Heisenberg (1976, p.84) kita sitir : " ... *stehen hier, so scheint es mir, die Gebiete der reiner Wissenschaft, in denen von praktischen Anwendungen nicht mehr die Rede ist, in denen vielmehr, wenn ich so sagen darf, das reine Denken verborgenen Harmonien in der Welt nachspürt. Dieser innere Bereich, in dem Wissenschaft und Kunst kaum mehr getrennt werden können, ist vielleicht für die heutige Menschheit die Stelle, an der ihr die Wahrheit ganz rein und nicht mehr verhüllt durch menschliche Ideologien und Wünsche gegenübertritt.*"

Walaupun pemanfaatan temuannya bukan tujuan pokok fisikawan sebagai ilmuwan murni, tak berarti bahwa temuan-temuan penelitian dasar ini tak berguna. Temuan-temuan ini, misalnya yang berupa asas-asas semesta (*universal principles*), dapat dipakai dalam penelitian terapan untuk menghasilkan prototipe proses, bahan, atau alat. Pada gilirannya, ini semua dapat digarap lebih lanjut dalam litbang (*R & D*) teknologi, untuk menghadirkan sarana pemecahan masalah konkret-aktual yang dihadapi manusia. Inilah ideal Bacon : "ilmu bagi kemaslahatan masyarakat". Melalui teknologi, ilmu diterapkan untuk memberantas hama, memerangi wabah, menghindarkan pakeklik, mengatasi bencana alam, dan sebagainya. Sebagian besar dari kesulitan ini akibat ulah manusia sendiri, seperti pencemaran, peperangan, dsb., dan ilmu, termasuk Fisika sebagai bagiannya yang fundamental, dapat menawarkan sejumlah alternatif untuk mengurangi dampak negatifnya.

Pengertian tentang Fisika seperti diuraikan di bagian pembukaan ini ada hikmatnya. Bagi yang percaya-baik dari tradisi Judeo-Kristian, maupun dari kalangan Islam-Allah menyatakan diri-Nya melalui dua cara, yakni secara khas atau alkitabiah

(*scriptural*) dan secara alamiah (*natural*). Penyelidikan alam dan usaha untuk mengungkapkan rahasianya merupakan tanggapan manusia terhadap panggilan Sang Alkhalik untuk mengenal dan memuliakan Dia, melalui kekagumannya atas alam yang mencerminkan kebesaran-Nya. Tuhan menghendaki tanggapan yang positif dari kita atas kasih yang dilimpahkan-Nya. Dan asal dilakukan dengan cara-cara yang secara moral-etis dapat dipertanggungjawabkan, kiblat (orientasi) ke ideal Bacon merupakan pemenuhan panggilan Tuhan kepada kita untuk mengasihi sesama. Dalam terang hati nurani (*conscience*) dan di bawah tuntunan pertimbangan moral yang berpegang pada martabat manusia (*human dignity*), dua-serangkai kiblat ilmu ini selaras dengan dwitunggal Hukum Kasih.

Intersubjektivitas Ilmu-Ilmu Kealaman

Fisika dalam kegiatan keilmuannya yang berkiblat ke ideal Aristoteles tak dapat dipisahkan dari nilai-nilai konstitutif (Longino, 1983, p.7-17), sedang dalam kegiatan keilmuannya yang berkiblat ke ideal Bacon bahkan diwarnai pula oleh nilai-nilai kontekstual. Jadi, Fisika tidak bebas-nilai. Ada fisikawan dan filsuf ilmu yang beranggapan bahwa Fisika Murni adalah objektif. Sebaiknya, 'objektif di sini tidak diartikan 'sebagaimana adanya' atau 'dengan ketepatan mutlak memerikan realitas dalam alam nirnyawa'. Mengikuti Heisenberg (*ibid.*, p.76) Fisika adalah 'objektif dalam arti tak tergantung pada bahasa, ras, atau kepercayaan peneliti yang menelaahnya. Keyakinan Werner Heisenberg ini muncul dari pengalamannya dengan Paul Maurice Dirac di Cambridge, yang dengan cara yang berbeda jauh ternyata memperoleh hasil yang sama dengan yang diperoleh dia sendiri dan rekan-rekannya di Göttingen, ketika mereka sama-sama menggarap suatu persoalan Mekanika Kuantum. " ... *Unter den Teiltzehmern sas z ein ungewöhnlich begabter Student von knapp 23 Jahren, Dirac, der meine Probleme aufgriff und der in wenigen Monaten danach mit seinem überlegenen mathematischen Können eine in sich geschlossene Quantentheorie der Atomhülle aufbaute. Seine Art zu denken war von der meinen weit verschieden, seine matematischen Methoden waren eleganter und ungewöhnlicher als unsere Göttinger Methoden; aber am Ende kam er an den entscheidenden Punkten eben zu den gleichen Resultaten wie Born, Jordan und ich hier in Göttingen, oder die*

Resultate ergänzten sich in der schönsten Weise, wieder ein Beweis dafür., dasz die Wissenschaft 'objektiv' ist, dasz sie nicht von Sprache, Rasse oder Glauben der Forscher abhängt."

Fisika (murni) adalah objektif, kata Heisenberg, karena kebenaran atau kesalahannya ditentukan oleh alam atau oleh Tuhan, bukan oleh keyakinan atau trah atau ras si peneliti. "... und dann lernte ich etwas vielleicht noch Wichtigeres, dasz man nämlich in der Wissenschaft schlieszlich immer entscheiiden kann, was richtig und was fallsch ist; dasz es sich hier nicht um Glauben oder Weltanschauung oder Hypothese handelt, sondern dasz schlieszlich eine bestimmte Behauptung eben ein fach richtig ist und die andere unrichtig; und welche richtig ist, darüber entscheidet die Natur oder, wenn Sie so wollen, der liebe Gott, jedenfalls aber nicht die Menschen" (Heisenberg, *ibid.*, p.75).

Objektivitas semacam ini tidak selaras dengan pandangan Kuhn. Pentasdikan (validasi), bahkan dengan ancaman penyangkalan (falsifikasi) *a la* Popper, memang dapat diterimanya, setidak-tidaknya dalam ilmu luar-biasa (*extraordinary science*) di masa revolusi. Tetapi penghadap-mukaan ramalan teori(-teori) yang berpotensi menggusur paradigma lama yang dilanda krisis itu dengan data eksperimental tokoh masih tergantung pada penafsiran masyarakat ilmuwan atas data itu. Jadi yang menentukan ialah bukti amatan (observasional) yang diterima bersama oleh masyarakat ilmuwan. Dengan kata lain, ilmu (kealaman) murni adalah intersubjektif.

Revolusi Keilmuan dalam Fisika

Dari sejarahnya, tampak bahwa dalam Fisika telah ada tiga babak dalam perkembangannya. Yang pertama berlangsung selama dua milenia, yakni mulai masa Aristoteles di Yunani (4 abad SM) sampai munculnya Galileo Galilei di Italia (abad ke-16). Inilah babak Filsafat Alam (*Philosophia Naturalis*) yang didominasi gagasan-gagasan Aristoteles (tentang hylemorfisme, empat unsur dan sifat-sifatnya, tempat alami zat/benda, kesempurnaan orbit benda-benda langit, dsb.). Pada penghujung periode yang panjang ini, yakni di Zaman Pertengahan (mulai jatuhnya kekaisaran

Romawi sampai *Renaissance*), Fisika yang bertaburkan konsep-konsep intuitif-rasional Aristoteles itu diperkaya dengan konsep *impetus* yang diyakini ada dalam setiap benda yang bergerak dan menentukan sifat gerak itu.

Krisis mulai terjadi ketika Heliosentrisme Copernicus menantang Geosentrisme Ptolomaeus, dan makin memuncak ketika Galileo memelopori metode penelitian, eksperimental. Akhirnya *gara-gara* ini disirep dengan *tirta kamandanu*, berupa teori Gravitasi dan Hukum-Hukum Gerak Newton, dan Teori Elektromagnetika Maxwell. Lahirlah babak baru dalam perkembangan ilmu ini, yakni babak Fisika Klasik. Dalam babak ini Fisika bertumpu pada asumsi-asumsi dasar yang tersirat dalam Mekanika Newton dan Elektrodinamika Maxwell. Ini meliputi sifat-sifat ruang (Euklides-an tri-matra), dan waktu (yang mengalir terus/"*panta rei*" dari masa lalu, melalui masa kini, ke masa depan), yang, menjadi "pentas" atau "arena" tempat berlangsungnya "drama" interaksi antar zarah/benda dan medan.

Tetapi babak Fisika Klasik yang di bawah tuntunan paradigma Newton-Maxwell ini semula berjalan normal, lama-kelamaan diusik oleh munculnya data pengamatan dan pengukuran yang menjadi teka-teki yang tak terpecahkan. Misalnya, ada masalah dalam Teori Eter yang dipakai untuk menjelaskan perambatan cahaya, terutama dengan hasil negatif percobaan Michelson-Morley. Ada pula masalah dalam penjelasan penyinaran benda hitam yang data eksperimentalnya diperoleh Lummer dan Pringsheim. Masalah yang pertama diatasi oleh Einstein (1905) dengan pandangan yang baru sama sekali, yang sekaligus menyingkirkan konsep "eter" dari khazanah Fisika dan melahirkan konsep ruang-waktu caturmatra (*four dimensional space-- time*). Yang kedua dibereskan oleh Max Planck (1901) dengan asumsi pencatuan (kuantisasi), yang merupakan kebangkitan kembali atomisme Democritus (dalam bentuk yang lebih canggih).

Karya Einstein itu melahirkan pandangan nisbian (*relativistic*), sedang terobosan Planck menghadirkan pandangan catu (*quantum*). Kenisbian (*Relativity*) dikembangkan fisikawan-fisikawan seperti Poincare, Lorentz, Fitz-Gerald, Weyl, Bergman, Fock, dsb., tetapi semuanya di bawah bayang-bayang kehebatan Einstein. Teori Kuantum berkembang di bawah garapan Bohr, Pauli, de Broglie, Schrödinger, Dirac, Heisenberg, Feynman, dsb. Tak ada yang mencuat jauh melebihi yang lain

seperti halnya Einstein dalam Teori Kenisbian. Di antara para pelopor ini ada yang memadukan kedua asumsi dasar yang baru itu, sehingga karyanya berciri kuantum-nisbian (*relativistic quantum*), misalnya P.A.M. Dirac (Teori Elektron Kuantum-Nisbian) dan R.P. Feynmann (Elektrodinamika Kuantum).

Maka peralihan dasawarsa kedua ke dasawarsa ketiga abad ke-20 ditandai dengan lahirnya Fisika Modern, yang bertumpu pada paradigma kuantum-nisbian. Kalau paradigma Newton-Maxwell menyingkirkan sama sekali paradigma Aristoteles, tidak demikian halnya dengan paradigma kuantum-nisbian dalam hubungannya dengan paradigma klasik yang digantikannya. Paradigma lama masih berlaku dalam ranah kesahihan (*domain of validity*) Fisika Klasik. Ia hanya tergeser ke posisi yang lebih rendah, sebab teori-teori yang bertumpu padanya tak mampu memberikan penjelasan atas gejala/persitiwa yang berada dalam ranah kesahihan Fisika Modern. Sebaliknya, teori-teori yang berlandaskan paradigma kuantum-nisbian pada had (*limit*) ukuran besar dari kecepatan rendah bersesuaian dengan hasil-hasil Fisika Klasik. Dalam hal ini Fisika Klasik lebih praktis, sebab menggunakan Fisika Modern-walaupun hasilnya tak kalah bagus-bagaikan menembak nyamuk, dengan merium!

Di tahta yang telah didudukinya selama tujuh dasawarsa-an, paradigma Fisika Modern sekarang ini mulai "digoyang". Tanda-tandanya tampak pada sawala (debat) determinisme versus probabilisme, yang ternyata tidak selesai setelah Einstein (di pihak determinisme) dinyatakan kalah dari Bohr (di pihak probabilisme). David Bohm mengambil tongkat estafet dan melanjutkan perjuangan Einstein. Bahkan sampai sekarang sawala yang seru masih berlangsung terus antara dua fisikawan Inggris : Roger Penrose di pihak determinisme, melawan Stephen Hawking di kubu probabilisme (Wilardjo, 1996). Di kawasan penelitian zarah-zarah keunsuran (*elementary Particles*) Fritjof Capra juga tidak lagi (semata-mata) mengandalkan kelincahan penalaran, tetapi beralih ke penajaman intuisi melalui meditasi. Ini berarti mulai terjadi pergeseran ke ragam pemahaman yang lain sama sekali dari yang selama ini diandalkan dalam Fisika (Capra, 1980),

Kristin Shrader-Frechette, fisikawan-*cum*-filsuf di Universitas Florida Selatan beberapa tahun yang lalu juga sudah merasakan perlunya paradigma baru dalam

Fisika (Shrader Frechette, 1990). Capra bahkan menyatakan bahwa dalam ilmu-ilmu alam, sekarang ini sedang berlangsung-bukan lonjakan, tetapi-ingsutan paradigma (*paradigm shift*), yakni ingsutan dari bagian-bagian ke keseluruhan, dari struktur ke proses, dari ilmu objektif ke ilmu epistemik, dari metafora bangunan ke metafora jaringan dan dari kebenaran ke deskripsi hampiran (*approximate description*) (Capra & Steindl Rast, 1992).

Perkembangan ilmu-ilmu Kealaman

Menurut Kuhn (1962/1970) ilmu ialah tahap dewasa dari suatu dewasa, ia masih berada dalam tahap praparadigma. Disiplin yang disebut bakal-ilmu (*protoscience*) ini tidak mengenal pedoman tertentu yang 'baku' untuk berkiprah. Belum ada kesepakatan bersama antara para ahli tentang makna konsep-konsep pokok dalam bakal-ilmu. Kegiatan bakal-ilmiah (*protoscientific activities*) memang berlangsung dan hasil-hasilnya pun ada. Namun hasil-hasil penelitian dalam tahap praparadigma ini bagaikan *beling-beling* (serpihan-serpihan kaca) yang beraneka ragam ukuran, bentuk dan warnanya, dan tersebar acak. Beling-beling mancawarna dan beraneka bentuk dan ukuran itu belum tersusun menurut suatu pola. Keseluruhannya belum membentuk mozaik.

Karena kelompok-kelompok bakal-ilmuwan itu bekerja dengan caranya sendiri-sendiri dan menasdikan hasil-hasil yang didapatnya dengan pedoman yang berbeda-beda, maka terjadi diskusi-diskusi yang mempertentangkan hasil yang satu dengan yang lainnya, dan membenturkan teori-teori yang bersaing itu secara adu-muka (*head on*) dengan satu sama lain. Peri-keadaan 'tanpa pegangan' atau, lebih tepatnya, dengan beberapa pegangan yang berbeda-beda ini berlangsung terus, sampai jumlah pedoman untuk berpikir dan bereksperimen itu menciut. Maka akhirnya muncul pedoman tunggal, yakni yang paling dominan di antara yang semula ada. Pada tahap akhir, penentuan pedoman ini dilakukan dengan menilai besarnya jumlah dan derajat pentingnya titik-titik persentuhan antara teori yang hendak dianut sebagai pedoman tunggal itu dengan kenyataan, dengan alam. Di penghujung tahap ini, bakal-ilmu itu sudah mendewasa menjadi ilmu normal.

Kegiatan ilmu normal oleh Kuhn juga disebut pemecahan teka-teki (*puzzle-solving*). Persoalan yang muncul dalam masa normal inilah yang diibaratkan sebagai teka-teki. Untuk memecahkan teka-teki itu telah tersedia panduan atau aturan main, yang kesahihannya tidak dipertanyakan lagi. Panduan inilah yang oleh Kuhn disebut paradigma, yakni asumsi-asumsi dasar yang bersifat metateoretis dan takterartikulasikan, yang terkandung dalam (sejumlah) teori dominan (yang saling-melengkapi), dan teknik-teknik baku yang *ditulad* diri percobaan (eksperimen), terutama yang telah menghasilkan terobosan penting.

Dalam perjalanan waktu dan dengan meningkatnya kegiatan keilmuan beserta akumulasi hasil-hasilnya, paradigma yang bertahta di masa normal itu menjadi makin terartikulasikan dan diperluas. Tetapi bersamaan dengan itu mulai muncul teka-teki yang tidak terpecahkan. Inilah yang disebut penyimpangan (anomali). Mula-mula penyimpangan ini diabaikan, dengan menuding si peneliti sebagai pihak yang melakukan kesalahan. Kesalahan itu mungkin berupa penggunaan teknik atau prosedur yang sebenarnya tercakup dalam paradigma, tetapi diterapkan secara keliru, atau melampaui batas-batas kesahihannya. Mungkin pula kesalahan itu berupa penjabaran yang salah, walaupun bertolak dari asumsi-asumsi dasar dalam teori dominan yang paradigmatis. Bahkan mungkin penyimpangan itu terjadi sebagai akibat dari gabungan kedua macam kekeliruan ini : karena ada kesalahan dalam penerapan teknik eksperimental, dihasilkan data yang menyimpang dari yang seharusnya, dan data ini lalu dipakai untuk mendukung penjelasan yang diturunkan secara salah dari teori dominan yang sebenarnya masih paradigmatis.

Bila penyimpangan itu makin banyak dan makin sering terjadi, mereka tak lagi dapat diabaikan. Mulailah timbul kecurigaan, jangan jangan paradigmanyalah yang tak mampu lagi berperan sebagai panduan yang baik. Maka keadaan yang mirip dengan masa praparadigma pun terjadi. Ilmuwan mulai kehilangan pegangan. Mungkin muncul teori tandingan yang menantang teori dominan yang sebelumnya berperan sebagai, atau secara tersirat memberikan, paradigma tunggal. Sawala (debat) tentang landasan untuk menentukan kategori persoalan yang sah untuk digarap dan cara menggarapnya dapat terjadi. Asumsi-asumsi dasar yang membentuk paradigma yang sekarang disangsikan keampuannya itu diperiksa-ulang dan dicermati dengan jeli dan tajam. Inilah masa krisis. Para ilmuwan yang semula disatukan oleh

komitmen-intelektual yang sama itu sekarang bagaikan kehilangan *terra firma*. Lantai tempat mereka berpijak serasa *amblong!*

Kalau di puncak krisis itu ada seorang atau sejumlah jenius yang visinya jauh ke depan melampaui rekan-rekan sezamannya, dan ia/mereka mampu melakukan terobosan besar dengan menghadirkan teori baru yang bersoko-guru postulat-postulat baru, dan kalau teori baru ini mampu menjelaskan penyimpangan-penyimpangan yang tulen (*genuine anomalies*), maka teori ini akan segera diterima oleh mayoritas warga masyarakat ilmuwan (*Wissenschaftlergemeinschaft; scientific community*). Inilah revolusi keilmuan (*scientific revolution*).

Revolusi terjadi secara relatif cepat, dan hakikat revolusi, seperti dikatakan Bung Karno, ialah menjebol (secara radikal, artinya sampai ke akar-akarnya) dan mengganti. Penggantian paradigma lama dengan paradigma yang baru itu dapat disebut lonjakan paradigmatis. Perangkuluan paradigma baru itu oleh warga masyarakat keilmuan diibaratkan sebagai 'pergantian agama' (*conversion*) yang menyebabkan terjadinya 'pemancalaan menyeluruh' (*gestalt switch*) pada warga masyarakat ilmuwan itu.

"Penyimpangan ialah ketakbenaran, atau soal yang seharusnya terpecahkan namun kenyataannya tidak, atau hasil yang penad tetapi ditampik, atau kontradiksi, atau absurditas, yang dibuang oleh paradigma karena paradigma itu didesak terlalu jauh" (Kuhn, 1962/1970, p.65). Penyimpangan hanya dapat merupakan penyimpangan tulen atau penyimpangan sejati (*true anomaly*) kalau ia didapatkan dari dalam paradigma yang sedang berlaku. (Masterman, 1984, p.82/83). Penyimpangan palsu, maksudnya yang bukan sejati, ialah hasil yang kentara sebagai penyimpangan, tetapi ketika dicermati lebih jauh ternyata tidak bertentangan dengan paradigma yang masih bertahta. Kuhn menyebut penyimpangan semacam itu 'penjengkel kecil' (*minor irritant*). (Kuhn, 1962/1970, pp.78-9).

Seperti telah dikatakan tadi, di masa normal paradigma dapat diperluas dan berkembang. Menurut Masterman (1970/1984, p.8-5) ini dapat terjadi melalui dua cara yang berbeda sekali. Pertama, paradigma itu berkembang dengan penyimpulan matematis atau penyimpulan berkaidah (*rule-governed inference*) yang lain. Kedua,

paradigma itu juga berkembang dengan artikulasi intuitif. Ini pun suatu bentuk penyimpulan (deduktif), hanya saja tidak berdasarkan kaidah.

Menjelang terjadinya krisis yang kemudian memuncak dalam revolusi, paradigma yang dihantam bertubi-tubi oleh penyimpangan-penyimpangan yang bermunculan itu bisa dicoba disesuaikan. Seperti dikatakan di muka, penyesuaian itu dilakukan dengan memeriksa-ulang asumsi-asumsi dasarnya. Tujuannya ialah agar penyimpangan itu dapat dijelaskan. Tetapi bila segala upaya penyesuaian ini sia-sia, bila penyesuaian itu hanya membuat teori yang dominan itu menjadi makin rumit tanpa peningkatan yang setara dalam kesaksamaannya, atau bila ranah (*domain*) yang tak-terjelaskan oleh paradigma itu justru kian meluas, maka itulah pertanda bahwa krisis sudah terjadi. Bagaikan gara-gara yang *disirep* dengan percikan '*tirta kamandanu*', krisis itu selesai bila secara revolusioner paradigma yang sudah 'payah' itu dijebol dari persada dunia keilmuan, dan digantikan oleh paradigma yang baru, yang sanggup menjelaskan penyimpangan-penyimpangan itu dengan gamblang. Dengan lengsernya paradigma lama dan dinobatkannya paradigma yang baru, berakhirlah revolusi' keilmuan itu. 'Jagat ilmu' menjadi *tata-titi-tentrem*. Kebenahan (order) kembali meliputi dunia ilmu, dan ilmu itu pun kembali menjadi ilmu normal. Tetapi ilmu normal ini tentu saja tidak sama dengan ilmu normal prarevolusi, sebab aras (*level*) kemajuannya lebih tinggi, dan paradigmanya juga lebih ampuh.

Dalam ilmu yang sudah sangat dewasa, seperti Fisika, misalnya, paradigma yang baru itu sanggup pula menjelaskan semua gejala/peristiwa yang dalam masa normal sebelumnya dikuasai oleh paradigma lama. Bahkan kesaksamaannya lebih tinggi, walaupun dalam ranah tempat paradigma lama berperan dengan baik perbedaan kesaksamaan itu mungkin tidak begitu berarti dan bahkan harus dibayar dengan kesulitan yang lebih besar dalam penerapan, teori yang baru. Ini tampak dalam berfungsinya Asas Kebersesuaian (*the Principle of Correspondence*) sebagai penghubung antara Fisika Modern yang bersifat kuantum-nisbian (*relativistic-quantum*) dan Fisika Klasik yang entitas-entitasnya malar (*continuous*) dan bersifat taknisbian (*non-relativistic*).

Jadi, bahwa Kuhn mengatakan (secara dramatis) bahwa kemurtadan dari paradigma lama dan pemelukan paradigma baru itu merupakan '*gestalt switch*', itu tidak berarti - seperti anggapan pengecamnya - bahwa para warga masyarakat ilmuwan yang bersangkutan lalu *pangling* total dan tidak lagi dapat mengenali paradigma yang sudah ditinggalkan. Yang benar ialah bahwa mereka tidak mau, bahkan sekedar mencoba pun, untuk memakai paradigma yang lama itu untuk menjelaskan gejala/peristiwa yang kini diyakininya hanya dapat dijelaskan dalam terang paradigma yang baru. Namun bisa saja mereka masih memakai paradigma lama dan teori yang mengejawantahkan (memanifestasikan)-nya, bila menggarap pemecahan teka-teki di dalam ranah kesahihan teori yang lama itu. Alasannya sederhana, yakni karena teka-teki itu masih cukup berharga untuk dipecahkan. Lagi pula, pemecahannya dengan teori yang lama itu, walaupun hanya merupakan hampiran (*approximation*), untuk keperluan pemahaman, atau pendidikan, atau penerapan praktis, masih tetap sangat saksama.

Baru-baru ini saya menggarap seri makalah yang terdiri atas tiga bagian, dua di antaranya telah dimuat dalam jurnal keilmuan yang berbeda, masing-masing terbitan April dan Juni 1998. Ketiga makalah itu, semuanya tentang mikrogelombang (microwave), bukan saja tak lebih dari apa yang dinamakan 'teka-teki' oleh Kuhn, tetapi bahkan hanya teka-teki dalam ilmu normal yang tunduk kepada paradigma lama yang sekarang telah tergusur! Tegasnya, semuanya adalah persoalan dalam Elektrodinamika Klasik, bukan Elektrodinamika Kuantum-Nisbian (*Relativistic Quantum Electrodynamics*). Bahwa makalah-makalah itu diterima sebagai karya keilmuan, menunjukkan bahwa bukan hanya saya sebagai pengarang makalah itu, tetapi juga kami semua para fisikawan (setidak tidaknya Dewan Redaksi kedua jurnal itu dan sidang pembacanya) tidak lupa akan, dan bahkan masih memakai, paradigma yang lama. Padahal kami sudah memeluk paradigma yang baru. Saya sendiri bahkan mengajarkan mata-mata-kuliah yang merupakan ilmu normal yang dinaungi oleh paradigma yang berlaku dewasa ini.

Paradigma

Ada tiga pengertian yang berbeda namun juga saling kena-mengena tentang istilah 'paradigma', yakni paradigma dalam Tata-Bahasa, paradigma Merton, dan paradigma Kuhn. Yang kita bicarakan dalam kaitannya dengan Filsafat ilmu ialah yang ketiga.

Dalam Tata-Bahasa, paradigma ialah kaidah deklensi kata (*nomina*, *pronomina* dan *adjectiva*) menurut kasus, 'waktu' (*tenses*), jumlah, dan *gender*. Dalam Bahasa Indonesia tak ada kaidah semacam itu, tetapi kita dapat menyusun paradigma berupa seperangkat istilah bersistem berdasarkan bentuk dasar sebuah *verba*, seperti :

tebar, tebaran, menebar, tertebar, tertebarkan, ketertebaran, penebar, penebaran, tinebar, kebertebaran, dst.

Dalam Bahasa Jerman, *pronomina* untuk orang pertama tunggal dideklensikan berdasarkan kasus dan menghasilkan paradigma:

ich (*Nominativ, der Werfall*), *mein* (*Genetiv, der Wesfall*), *mir*
(*Dativ; der Wemfall*), *mich* (*Akkusativ, der Wenfall*)

Tegasnya, paradigmanya ialah

ich - mein - mir - mich

dir -- dein -- dir - dich

wir - unser - uns - uns

dsb,

atau secara lebih rampat (*general*),

wer - wes - wem - wen.

Paradigma Merton ialah semacam kode etika profesi bagi ilmuwan. Keempat imperatifnya ialah universalisme, komunalisme, 'pasang-jarak' (*detachment*) dan skeptisisme terorganisasi. Paradigma ini (dimaksudkan untuk) berperan sebagai pedoman (untuk menentukan sikap dan tindakan) bagi ilmuwan, baik secara perseorangan, maupun sebagai suatu kelompok, dalam hal-hal yang bersangkutan dengan profesinya.

Paradigma gramatika jelas merupakan contoh, sesuai dengan makna asli kata itu dalam Bahasa Gerika, sedang paradigma Merton, seperti telah dikatakan tadi, ialah semacam pedoman atau panduan. Jadi, jelaslah bahwa keduanya ada kena-mengena dengan paradigma Kuhn, sebab paradigma Kuhn berfungsi ganda, ya sebagai pedoman, ya sebagai contoh (*exemplar*). Di muka telah dikatakan bahwa paradigma ialah asumsi-asumsi dasar yang terkandung atau tersirat dalam satu/sejumlah teori dominan, yang pada dasarnya meta-teoretis dan tak-terartikulasikan. Asumsi-asumsi dasar ini membentuk kerangka keyakinan (*belief framework*) dan merupakan konstelasi komitmen intelektual suatu masyarakat ilmuwan. Ini berfungsi sebagai semacam acuan, kiblat, atau **pedoman**, dan menentukan cara untuk melihat persoalan dan bagaimana menyelesaikannya. Juga telah disebutkan di muka, bahwa paradigma ialah teknik-teknik percobaan yang unggul, yang lazimnya telah membuktikan kebolehnya dalam menghasilkan terobosan-terobosan keilmuan yang krusial, dan *ditulad* oleh warga masyarakat ilmuwan. Inilah **contoh!** (*ditulad* = 'diteladani').

Dalam "*The Structure of Scientific Revolutions*" dan dalam makalah-makalahnya yang terbit sampai beberapa belas tahun sesudahnya, Thomas Kuhn memang tidak tegas dalam menakrifkan makna paradigma. Ada *likuran* (20 - 30) pengertian yang berbeda yang diberikannya. Margaret Masteman menyenaraikan 21 di antaranya. Jurgen Mittelstrasz menekankan ketakjelasan konsep paradigma dan ketakpangahan (inkonsistensi) rumusan-rumusannya. "*In der Debatte um Grundlagen und Folgen der auch durch begriffliche **Unklarheiten** belasteten Paradigmakonzeption (M. Masterman unterscheidet 21 teilweise inkonsistente Bedeutungsfestlegungen) haben Kritiker aus der Tradition des Logischen Empirismus*

zunächst immanente Schwierigkeiten der Kuhnschen Konzeption aufgewiesen : ...) (Mittelstrasz, 1995, p.34, penekanan/cetak tebal dari saya). Sebaliknya, ulasan Masterman cukup simpatetik. Ia justru menekankan bahwa dari ke-21 pengertian itu tidak semuanya takpangah (inkonsisten). "*it is evident that not all these sense of 'paradigm' are inconsistent with one another : some may even be elucidations of others.*" (Masterman, 1984, p.65). Masterman memilah ke-21 rumusan itu menjadi tiga golongan, yakni metaparadigma, paradigma sosiologis dan paradigma konstruk. Pada hemat saya, dua yang pertama mengacu kepada pengertian 'pedoman', sedang yang ketiga lebih menonjolkan pengertian paradigma sebagai 'contoh'.

Bahwa ada kekurang-jelasan, rasanya wajar, sebab - seperti telah saya katakan di atas-paradigma pada dasarnya memang tak-terartikulasikan. Ia '*madal*' segala usaha untuk mengemasnya di dalam satu rumusan penakrif yang ringkas-bernas dan singkat-tepat. Pengertian ini memerlukan uraian panjang-lebar beserta ilustrasinya. Lagi pula, kelenturan konseptual *an sich* tak ada salahnya. Keberatan terhadapnya baru datang dari filsuf dan ilmuwan hanya bila mereka dirugikan oleh kelenturan itu. David Hull mengatakan bahwa ketaksamaan (*equivocation*) bahkan dapat menjadi "*a powerful method of conceptual improvement*" (Hull, 1988, p.7). Kesamaran (*vagueness*) itu memberi waktu bagi si perumus konsep untuk mengkonsolidasikan posisinya. Kuhn sendiri berkomentar bahwa pengartikulasian apa yang dilihat oleh tradisi filosofis sebagai ketaksempurnaan yang tersingkirkan (*eliminable imperfection*) akan menyebabkan terjadinya mekanisme perilaku yang melandasi kemajuan ilmu. (Kuhn, 1977, bab 13).

Telah diterangkan di muka bahwa dilihat sebagai pedoman, paradigma ialah konstelasi komitmen intelektual atau kerangka keyakinan yang dianut bersama oleh suatu masyarakat ilmuwan. Pengertian ini juga ditekankan oleh Werner Callebaut (1997, pp. 13-16). Ia menyebutnya sebagai '*shared values*', nilai-nilai yang dijunjung tinggi secara bersama. "*A paradigm is what the members of a scientific community share, and, conversely, a scientific community consists of men who share a paradigm*". Dengan menonjolkan rumusan Kuhn ini (Kuhn, 1962/1970, p. 176), boleh dikatakan bahwa bagi Callebaut, dan tentu saja juga bagi Kuhn, paradigma adalah syarat perlu dan cukup (*a necessary and sufficient condition*) untuk menyebut suatu masyarakat sebagai masyarakat ilmuwan.

Pengertian yang kedua, yakni sebagai 'contoh', juga dipandang penting oleh Callebaut (1997, pp. 12 - 13). Rumusannya juga diambil langsung dari Kuhn (1962/1970, p.x), yakni: Paradigma ialah “*universally recognized scientific achievements that for a time provide model problems and solutions to a community of practitioners*” (penekanan/cetak tebal dari saya). '*Model problems and solution*' adalah sebuah frasa yang mengungkapkan arti yang sama dengan istilah 'contoh'.

Sedikit tentang Kecaman terhadap Konsep Perkembangan Ilmunya Kuhn

Banyak filsuf ilmu yang mengecam konsep perkembangan ilmu yang dikemukakan Thomas Kuhn. Karl Popper, Imre Lakatos, John Watkins, Stephen Toulmin dan Paul Feyerabend semua mengecam dengan tajam. Bahkan sedemikian sengitnya kecaman mereka, sehingga terasa kasar. Ditinggalkannya diskusi kritis dalam ilmu yang telah dewasa, kurangnya perhatian atas peranan pengujian, adanya masa normal, pengunggulan ilmu normal dan pelecehan ilmu revolusioner, relativisme dan kesarat-ilaian (*value-ladeness*) teori, subjektivitas dan psikologi-isme, monopoli paradigma tunggal, inkompatibilitas dan 'ketakterbandingan' (*incommensurability*) paradigma-paradigma yang berbeda, pemancalaan menyeluruh (*gestalt switch*) pada penerimaan paradigma baru, ketaksaan (*ambiguity*) antara preskripsi dan deskripsi, dls., *ad nauseam, ad infinitum ...* ; itulah konsep-konsep yang dijadikan bulan-bulan kritik oleh para filsuf ilmu itu. Pada tahun 1972 Israel Scheffler melontarkan 11 butir kecaman terhadap konsep perkembangan ilmunya Kuhn (Schaffler, 1982, app.A). Di tahun 1960-an, yang boleh dianggap mendukung Thomas Kuhn hanya Margaret Masterman, dan ia lebih merupakan ilmuwan, daripada filsuf ilmu.

Werner Callebaut menyenaraikan 10 dari sekian banyak butir-butir kecaman itu (Callebaut, 1997, p.8); ulasannya cukup simpatik. Tetapi ini dapat dimengerti, sebab ulasan itu ditulisnya sekitar tiga dasawarsa setelah gelombang kecaman yang pertama itu berakhir. Selama waktu ini telah terjadi pergeseran dalam pandangan para filsuf ilmu. Dulu pada umumnya mereka selain ada masih mengidap sisa-sisa logiko-

empirisme juga sangat dipengaruhi rasionalisme-kritisnya Popper. Sekarang banyak yang telah berkembang, melalui historisisme, ke sosiologisme. Padahal kedua 'isme' yang terakhir ini merupakan 'cap' yang melekat pada Filsafat Ilmu-nya Kuhn.

Kecaman itu menurut saya ditanggapi dengan baik oleh Kuhn (1970/1984, pp.231-277). Banyak di antara perbedaan antara dia dan para pengecamnya yang menurut dia sebenarnya merupakan kelintas-ancasan (*cross-purposes*) alias keluncaspahaman (*misunderstanding*) daripada perbedaan yang sebenarnya. Seperti telah dikatakan tadi, ulasan Masterman juga boleh dianggap menanggapi kecaman tersebut. P. Kitcher pun membela Kuhn terhadap kecaman 'subjektif yang ditamparkan para filsuf ilmu ke mukanya. *Kuhn's view is not inevitably subjectivist. It is one thing to say that some of the components of scientific practice involve judgements of value, and another to say that such judgments are arbitrary* (Kitcher, 1984, p. 163).

Kecaman dan tanggapannya itu tak akan diulang di sini. Saya hanya hendak memberikan catatan kecil atas beberapa pokok kecaman tersebut.

Kecaman atas ketakjelasan pengertian 'paradigma', telah saya uraikan di muka. Subjektivitas - yang saya sebut sebagai intersubjektivitas - juga telah saya singgung. Seperti dikatakan Gutting (1984, p. 1) "*The Structure of Scientific Revolutions*" adalah (buku) tentang kebernalaran masyarakat ilmuwan. Meskipun ia tak pernah mengatakannya, pada intinya yang dikemukakan Kuhn ialah bahwa kebernalaran ilmu akhirnya terletak bukan pada metode penelaahan berkaidah, yang dengan itu hasil-hasil keilmuan diperoleh, tetapi pada nilai-nilai (yang dijunjung tinggi oleh) masyarakat ilmuwan, yang mendapatkan hasil-hasil itu."

'Ilmuwan normal' menurut Karl Popper ialah ilmuwan yang "telah menjalani pelatihan yang jelek dan patut dikasihani (*we ought to be sorry for.*)" John Watkins menyebutnya ilmuwan "penyontek (hack)", sedang Paul Feyerabend menjulukinya ilmuwan "pinggir jalan" (*pedestrian*). Mereka memang menolak adanya masa normal. Bagi Popper, sesuai dengan obsesinya dengan falsifikasi, ilmu sentiasa dalam keadaan

nyaris digusur, sehingga revolusi (= falsifikasi *a la* Popper) terjadi terus menerus. Konsep ilmu normal, menurut Feyerabend "keropos (*does not hold water*)", sedang Stephen Toulmin tak melihat perbedaan esensial antara ilmu normal dan ilmu luar-biasa/revolusioner, kecuali hanya dalam derajatnya.

Tangkisan Thomas Kuhn ialah bahwa ilmu normal merupakan prasyarat bagi munculnya ilmu revolusioner, dan bahwa revolusi dalam kedamaian (*revolution in permanence*), alias revolusi yang teruuus... saja terjadi, adalah suatu *contradictio in termini*. Pandangan Popper tentang ilmu adalah normatif, sedang pandangan Kuhn deskriptif. Toulmin juga menyatakan bahwa Filsafat Ilmu(-nya Popper) "*concerns with what consideration that **should properly** determine the selection between new variants (of a theory)*", sedangkan Psikologi/Sosiologi Ilmu(-nya Kuhn) "*concerns with the considerations that in fact settle the matter*". Jadi, Kuhn lebih memumpunkan perhatiannya pada *das Sein* (realita), dan bukan pada *das Sollen* (desiderata).

Menurut saya, kecuali manakala terjadi krisis yang memuncak pada revolusi, ilmu-setidak-tidaknya ilmu-ilmu kealaman tentang dunia nirnyawa - adalah seperti yang diperikan Kuhn sebagai ilmu normal. Dan walaupun tidak sehebat ilmu luar-biasa (*extraordinary science*) atau ilmu revolusioner (*revolutionary science.*), ilmu normal sangat banyak dan cukup berharga sumbangannya; jadi jauh dari ilmu yang 'memelas', atau ilmu 'kelas-tiga' atau ilmu 'pinggir jalan'.

Pada medio tahun 1970 saya mempertahankan disertasi *Ph.D.* yang saya susun berdasarkan suatu penelitian. Penelitian itu tak lebih dari sebuah pemecahan teka-teki. Tak ada pretensi, dan sama sekali tak ada ambisi, untuk memakai hasil penelitian itu sebagai peneetus revolusi yang akan memaksakan lengsernya paradigma yang masih berlaku. Saya tahu diri! Disertasi itu tentang Hamiltonan gerak getar-putar molekul yang bertipe H_2O (air), dan akurat sampai derajat keempat (*A Complete Fourth-Order Vibration-Rotation Hamiltonian of H_2O -type Molecules*).

Sebelum saya menyelesaikan disertasi itu, profesor pembimbing saya (Paul M. Parker) memperingatkan bahwa topik yang sama tengah digarap pula oleh dua orang lain, yakni seorang mahasiswi asal Cina di Ohio State University, dan seorang profesor Fisika di Cekoslovakia (pada waktu itu belum terpecah menjadi Cek dan

Slovakia). Kalau saya sampai kalah cepat mendapatkan hasil, usaha itu gugur dan saya harus mulai dari nol lagi dengan topik lain. Ternyata, saya dan mahasiswi Cina itu merampungkan penelitian dan penulisan disertasi kami pada saat yang sama. Hasil akhir kami juga persis sama, walaupun cara untuk tiba ke hasil tersebut tidak sama, dan notasi matematis yang kami pakai dalam derivasi dan untuk mengungkapkan hasil itu berbeda. Karena itu, kami sama-sama diizinkan untuk mempertahankan disertasi kami masing-masing, - dia di Ohio State University di depan dewan pengujinya, dan saya di Michigan State University, di hadapan dewan penguji saya. Kami sama-sama lulus. Kami bahkan kemudian membuat publikasi bersama di *Journal of Molecular Spectroscopy*.

Apa artinya semua itu? Bagi saya, itu tak usah hanya merupakan pertanda objektivitas ilmu (dalam hal ini : Fisika). Werner Heisenberg menafsirkan begitu (yakni bahwa ilmu itu objektif) untuk kejadian serupa yang nukilan kisahnya telah saya berikan, di atas. Memang, persoalan yang digarap Heisenberg, mentornya, yakni Max Born, dan rekannya, yakni Jordan, di Gottingen, dan memberi mereka hasil yang sama dengan hasil yang diperoleh mahasiswa cemerlang berusia 23 tahun di Cambridge, yakni Paul Dirac, jauh lebih tinggi aras kesulitannya dan lebih unggul mutunya, daripada yang kami garap bersama, tetapi sendiri-sendiri, di East Lansing, Columbus, dan Praha. Tetapi bukan ini alasan saya untuk menafsirkan kejadian yang kami alami itu bukan (atau bukan hanya) sebagai objektivitas ilmu. Saya menafsirkannya sebagai bukti berfungsinya paradigma dalam ilmu normal. Hasil yang sama itu kami peroleh sendiri-sendiri (*independently*), sebab kami sama-sama menguasai matematika yang menjadi alat kami untuk menggarap persoalan itu, dan *karena kami memakai paradigma yang sama untuk menyelesaikannya!*

Kejadian itu, khususnya yang bersangkutan dengan diterimanya disertasi kami diterbitkan makalah kami dalam jurnal keilmuan internasional, juga saya tafsirkan sebagai bukti bahwa ilmu normal dihargai. Pengalaman pribadi saya merasakan euforia ketika 'kunci' untuk memecahkan persoalan itu akhirnya saya temukan setelah beberapa minggu 'bergulat' siang-malam dengan derivasi matematis yang sulit, juga membuktikan bahwa ilmu normal tidak tak menarik (uniteresting), seperti dikatakan filsuf ilmu yang sangat melecehkan ilmu normal. (Chan, Wilardjo, and Parker, 1971; Wilardjo, 1997)

Acuan

Callebaut, W. : *Science Dynamics: The Difficult Birth of a Metascience*, in Stachowiak, H. (Hg.): *Pragmatik, Handbuch Pragmatischen Denkens, Band V: Pragmatische Tendenzen in der Wissenschaftstheorie*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 1997, pp.13 – 16

- Ibid., pp. 12 –13

- Ibid., p. 8

Capra, F.: *The Tao of Physics*, London : Fontana/Collins (1980)

Capra, F. & D. Steindl-Rast: *Belonging to the Universe*, San Francisco: Harper (1992)

Chan, M.Y., L. Wilardjo, and P. M. Parker : *A Complete Fourth-Order Vibration-Rotation Hamiltonian for the Bent XYX Molecule*, *Journal of Molecular Spectroscopy*, 40(3), 1971, pp. 473 – 500

Gutting, G. : “A Dialogue on Kuhn, Rorty, and the Social Sciences”, *American Philosophical Quarterly* 21, 1984 p. 1

Heisenberg, W.: *Schritte über Grenzen*, R. Piper & Co Verlag, München, 1976, p. 84

- Ibid., p.76

- Ibid., p.75

Hull, D. L.: *Science as a Process*, University of Chicago Press, Chicago, 1988, p.7.

Kitcher, P.: *The Nature of Mathematical Knowledge*, Oxford University Press, New York, 1984, p. 163

Kuhn, T. S.:

- a. *The Essential Tension*, University of Chicago Press, Chicago, 1977, chp. 13
- b. *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, Chicago, [1962], 1970
 - Ibid., p. 65
 - Ibid. pp.78—79
 - Ibid., p. 176
 - Ibid., pp.231—277

Longino, H.: “*Beyond ‘Bad Science’: Skeptical Reflections on the Value-Freedom of Scientific Inquiry*”, *Science, Technology and Human Values*, 8 (1), 1983, pp. 7-17

Masterman, M. : “*The Nature of a Paradigm*”, in **Lakatos, I and A. Musgrave** (eds.): *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press, Cambridge 1970, 1984, pp. 82 – 83
-Ibid., p. 8.5

Mittelstrasz, J. : *Enzyklopadie Philoshophie Wissenschaftstheorie 3*, Verlag J. B. Metzler, Stuttgart-Weimas, 1995, p. 3
-Ibid, p. 34

Wilardjo, L. : *Mimpi Si Dmitri*, Suara Pembaruan, 12 September, 1997

Wilardjo, L.: *Penrose vs Hawking Setelah Bohr vs Einstein*, KOMPAS, 29.9.1996.