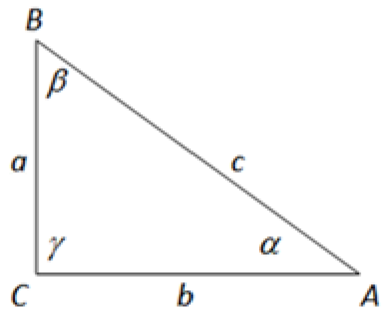
Protes Kuda Nil

L. Wilardjo

Pythagoras

Dari pelajaran planimetri (ilmu ukur bidang), anak-anak SD pun sudah tahu *dalil Pythagoras*, yakni bahwa dalam sebarang segitiga siku-siku jumlah kuadrat sisi-sisi siku-sikunya sama dengan kuadrat sisi miringnya.



Gambar 1

Dalam segitiga *ABC* (gambar 1), sisi *a* dan *b* ialah sisi-sisi siku-siku, dan *c* sisi miringmya. Maka menurut dalil Pythagoras,

$$a^2 + b^2 = c^2 \text{ .... } (1)$$

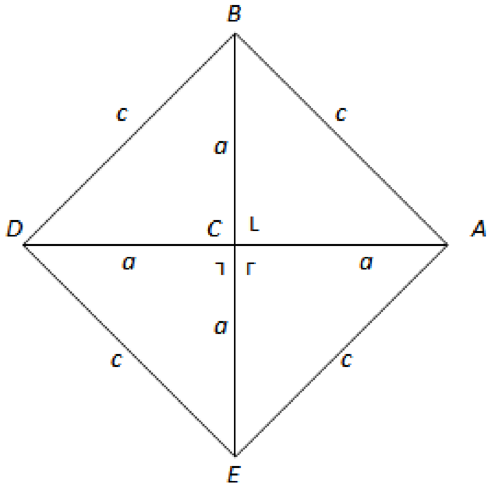
Sudut α, β, dan γ berturut-turut disebut sudut alas, sudut puncak, dan sudut siku-siku, artinya $\gamma = 90°$. Dalam gambar 1, γ juga merupakan sudut alas.

Kita tidak tahu bagaimana Pythagoras (572 – 497 SM) menemukan dalilnya itu. Apakah secara empiris, dengan mengukur sisi-sisi berbagai bentuk segitiga siku-siku, lalu menyimpulkan relasi antara kuadrat sisi-sisi itu? Atau secara intuitif, seolah-olah tiba-tiba begitu saja dalil itu terbersit di dalam pikirannya? Entahlah!

Kita bahkan tidak tahu dengan pasti, apakah dalil itu ditemukan oleh Pythagoras sendiri, atau oleh salah seorang pengikut atau muridnya. Pokoknya dalil itu diatribusikan pada Pythagoras.

Dalil Pythagoras konsisten dengan geometri Euklides (sekitar 300 SM) yang dibangun oleh Euklides secara aksiomatis sekitar dua abad kemudian. Aksioma ialah asumsi dasar yang kebenarannya dianggap sudah jelas dengan sendirinya, dan dipakai sebagai titik tolak penelaahan selanjutnya. Berbeda dengan aksioma-aksioma Euklides yang tidak (usah) dibuktikan, dalil harus dibuktikan kebenarannya. Tak terkecuali dalil Pythagoras.

Untuk segitiga siku-siku sama kaki, pembuktiannya dapat dilakukan oleh seorang bocah, anak budak, yang barang tentu tidak bersekolah. Pembuktian ini diperagakan oleh Sokrates di depan Meno, sahabatnya, dan disaksikan oleh Plato, yang mencatat deskripsi peristiwa itu dan menerbitkannya. Si bocah anak budak itu dibimbing Sokrates dengan serangkaian pertanyaan, yang dijawab oleh si bocah, sehingga ia menemukan sendiri bukti kebenaran dalil Pythagoras. Ringkasnya begini, lukislah sebuah segitiga siku-siku sama kaki *ABC* dengan alas *CA*. Lalu lukislah tiga lagi segitiga siku-siku sama



Gambar 2

kaki yang sama (dan tentunya sebangun) dan susunlah keempat segitiga itu sehingga membentuk bujur sangkar (gambar 2).

Luas segitiga sama dengan setengah alas kali tinggi. Jadi keempat segitiga siku-siku sama kaki itu luasnya masing-masing

$$\tfrac{1}{2}\, a \times a = \tfrac{1}{2}\, a^2 \text{ .... (2)}$$

Luas bujur sangkar *ABDE* sama dengan empat kali lipat luas masing-masing segitiga pembentuk (konstituen) nya. maka luasnya ialah

$$4 \times \tfrac{1}{2}\, a^2 = 2\, a^2 = a^2 + a^2 \text{ .... (3)}$$

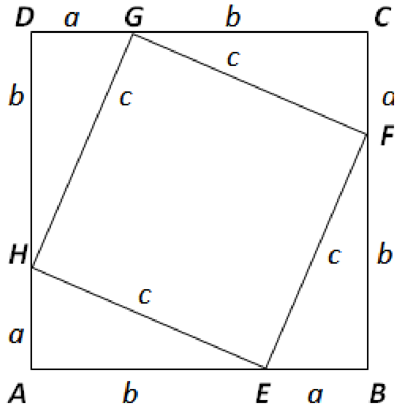
Tetapi luas bujur sangkar sama dengan kuadrat rusuknya, jadi luas bujur sangkar *ABDE* ialah

$$c^2 \text{ .... (4)}$$

Dari persamaan (3) dan (4) kita dapatkan

$$a^2 + a^2 = c^2 \text{ .... (5)}$$

sesuai dengan dalil Pythagoras.



Gambar 3

Untuk segitiga siku-siku sembarang, dalil Pythagoras dapat dibuktikan dengan banyak cara. Bhaskara di abad XII membuktikan dalil Pythagoras dengan cara seperti yang tampak pada gambar 3. Bujur sangkar ABCD rusuk (sisi)nya (a + b), sedang bujur sangkar EFGH rusuknya c. Segitiga-segitiga siku-siku AEH, BFE, CGF dan DHG semuanya sama dan sebangun.

Dari gambar 3 jelas bahwa luas bujur sangkar besar sama dengan luas bujur sangkar kecil ditambah dengan empat kali luas segitiga siku-siku, atau:

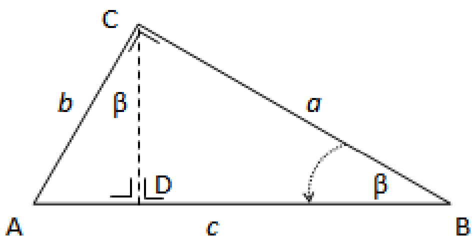
$$(a + b)^2 = c^2 + 4(ab / 2)$$

$$a^2 + 2ab + b^2 = c^2 + 2ab$$

$$a^2 + b^2 = c^2 \quad [Q.E.D]$$

Cara lainnya yang juga anggun adalah dengan menyadari bahwa luas segitiga siku-siku sama dengan kuadrat sisi miringnya dikalikan dengan fungsi f tertentu dari salah satu sudut lancipnya (lihat gambar 4). Sudut C ialah sudut siku-siku di puncak segitiga ABC. Sisi miringnya ialah c, yang menjadi alas segitiga itu, dan salah satu sudut alasnya ialah β. Maka luas (ℓ) segitiga itu ialah

$$\ell = a^2 f(\beta) \text{ .... } (7)$$



Gambar 4

Secara kematraan persamaan (7) benar, sebab matra (dimensi) ℓ ialah $[L^2]$ dan matra a ialah $[L]$, sedangkan sudut β, dan dengan demikian juga fungsi $f(\beta)$, nirmatra (tidak berdimensi). Lagi pula, bila alas c dan salah satu sudut alasnya, misalnya β, sudah ditentukan, maka segitiga siku-siku itu sudah tertentu secara amung (*uniquely determined*).

Tariklah garis tinggi CD dalam segitiga ABC. Maka kita sekarang mempunyai tiga segitiga siku-siku yang sebangun, yakni ABC, ACD, dan CBD, masing-masing dengan "alas" (sisi miring) c, b, dan a, yang luasnya berturut-turut ialah $c^2 f(\beta)$, $b^2 f(\beta)$, dan $a^2 f(\beta)$.

Dari gambar 4 jelaslah bahwa

$$c^2 f(\beta) = b^2 f(\beta) + a^2 f(\beta),$$

atau, dengan pengaturan ruas dan suku-sukunya,

$$a^2 + b^2 = c^2 \quad (Q.E.D.)$$

Jika sisi miring segitiga siku-siku dijadikan alas segitiga itu, luas segitiga tersebut sama dengan kuadrat alas kali fungsi tertentu dari sudut alasnya. Jadi (lihat gambar 4)

$$A = c^2 f(\beta) = c^2 f(\alpha)$$

Dapat ditunjukkan bahwa $f(\beta) = \frac{1}{4} \sin 2\beta$.

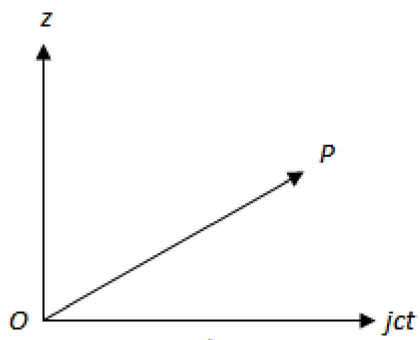
Jelaslah bahwa $f(\beta) = f(\alpha)$, sebab

$$\begin{aligned} \sin 2\beta &= 2 \sin\beta \cos\beta \\ &= 2 \sin (90° - \alpha) \cos (90° - \alpha) \\ &= 2 \cos \alpha \sin \alpha \\ &= \sin 2\alpha, \end{aligned}$$

sebab α dan β merupakan penyiku (komplemen) satu sama lain.

Einstein

Sebelum Albert Einstein menerbitkan fmakalahnya tentang teori Kenisbian Khusus (Relativitas Spesial)[1], Hermann Minkowski, dosennya, mengatakan bahwa Einstein itu "anjing pemalas". Tak ada profesor di ETH (*Eidgenössische Technische Hochschule*) yang mau menjadi pembimbing Einstein untuk membuat disertasi, sehingga ia menjadi kerani di kantor pencatatan permohonan paten, di ibu kota, Bern. Tetapi kemudian Minkowski terkesan dengan Kenisbian Khusus mantan mahasiswanya yang bodoh dan pemalas itu, sehingga ia memformulasikan teori itu secara geometris. Ia memakai geometri Euklides, dengan meninjau ruang-waktu caturmatra (berdimensi-4) yang ditetapkan dengan kerangka acuan berupa sistem koordinat Cartesius. Titik asal kerangka acuan ini, namakan saja kerangka acuan *K*, ialah *O*, dan keempat sumbu koordinatnya ialah $x_1 = x$, $x_2 = y$, $x_3 = z$ dan $x_4 = jct$. Tiga koordinatnya yang pertama ialah koordinat-koordinat ruang (spasial), sedang yang ke empat ialah koordinat (yang berkaitan dengan) waktu, *t*. Dalam x_4, *c* ialah kecepatan cahaya yang (dianggap) tetap, dan $j = \sqrt{-1}$, satuan bilangan khayal.



Gambar 5

Dalam gambar 5, sumbu-sumbu koordinat *x* dan *y*, yang tegak lurus terhadap sumbu *z*, tidak ditunjukkan. Kuadrat jarak *P* (*x, y, z, jct*) dari *O* ialah

$$x^2 + y^2 + z^2 = c^2t^2 \text{ .... (1)}$$

Jarak ini ditempuh dalam waktu *t* oleh isyarat elektromagnetik yang merambat dengan kecepatan *c*. Bila dilihat di kerangka acuan *K′* (*x′*, *y′*, *z′*, *jct′*), persamaan (1) menjadi

$$x'^2 + y'^2 + z'^2 = c^2\, t'^2 \text{ .... (2)}$$

Bayangkan bahwa pada saat $t = t' = 0$, *K* dan *K′*, baik titik asalnya, maupun sumbu-sumbunya, berimpit. Kemudian *K′* bergerak nisbi (relatif) terhadap *K* pada arah *z* dengan kecepatan tetap *v*. Karena jarak (dan karena itu juga kuadrat jarak) ialah besaran skalar, ia tidak berubah, alias karar (*invariant*) bila kita melakukan alihragam (transformasi) dari *K* ke *K′*.

[1] Einstein : "*Zur elektrodynamik bewegter Koerper*", Annalen der Physik **17**, p 891 (1905).

Dengan berasumsi bahwa ruang-waktu (*space-time*) itu homogen dan isotrop, relasi antara (1) dan (2) diberikan oleh :

$$x^2 + y^2 + z^2 - c^2\,t^2 = C\,(x'^2 + y'^2 + z'^2 - c^2\,t'^2)$$

dengan C parameter pengubah skala yang merupakan fungsi v. Tetapi dalam alihragam ini x, y dan x', y' tidak terpengaruh, sebab mereka tegak lurus terhadap arah v. Maka $C = 1$ dan (karena $x = x'$ dan $y = y'$) kita mempunyai

$$z^2 - c^2\,t^2 = z'^2 - c^2\,t'^2 \quad \text{..........} \quad (3)$$

Diandaikan bahwa persamaan alihragam itu linear, yakni :

$$\left.\begin{aligned} z' &= a_1 z + a_2 t \\ t' &= b_1 t + b_2 z \end{aligned}\right\} \quad \text{..........}\ (4)$$

Dilihat dari K, titik-asal O' dari kerangka acuan K' letaknya di ($x = 0$, $y = 0$, $z = vt$), sehingga (4.a) memberikan :

$$0 = a_1\,vt + a_2 t$$

$$a_2 = -\,a_1\,v \text{ ....}\ (5)$$

Dengan memasukkan (5) ke dalam (4.*a*) lalu (4) ke dalam (3) kita dapatkan tiga persamaan linear dalam tiga "anu" (*unknown*), yakni a_1, b_1 dan b_2. Penyelesaiannya memberikan :

$$\left.\begin{aligned} & a_1 = b_1 = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c}}} = \gamma \\ & b_2 = -\frac{v}{c^2}\,\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = -\frac{\beta}{c}\,\gamma \\ & \text{dan dari (5)} \\ & -a_2 = v\gamma = \beta c\gamma \end{aligned}\right\} \quad \text{.......}\ (6)$$

Dengan a_1, a_2, b_1 dan b_2 dari (6), maka (4) menjadi :

$$\left.\begin{aligned} z' &= \gamma\,(z - \beta c t) \\ t' &= \gamma\,(t - \tfrac{\beta}{c}\,z) \end{aligned}\right\} \quad \text{.......}\ (7)$$

Maka, lengkapnya, alihragam dari K ke K' yang bergerak nisbi terhadap K dengan kecepatan tetap $\vec{v} = \vec{z}\,v$ diberikan oleh

$$\left.\begin{aligned} x' &= x \\ y' &= y \\ z' &= \gamma\,(z - \beta c t) \\ t' &= \gamma\,(t - \tfrac{\beta}{c} z) \end{aligned}\right\} \quad \text{..........}\ (8)$$

atau, dalam bentuk matriks,

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ jct' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \gamma & -\,j\beta\gamma \\ 0 & 0 & -\,j\beta\gamma & \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ jct \end{pmatrix} \text{...}\ (9)$$

Persamaan (8) atau (9) disebut alihragam Lorentz. Persamaan alihragam ini telah ditemukan lebih dulu oleh Hendrik A. Lorentz, dan kemudian oleh Einstein, dengan cara lain, sebelum Minkowski menyatakannya kembali dalam formulasi geometrisnya, yang dikenal dengan sebutan "dunia Minkowski".

x, *y*, *z*, dan x_4, *jct* merupakan komponen-komponen dari vektor-4 x_μ (μ = 1, 2, 3, 4) yang memberikan koordinat-koordinat ruang dan waktu dalam ruang-waktu caturmatra dunia Minkowski. Ada vektor-vektor-4 lain, seperti vektor-4 kecepatan, vektor-4 pusa-tenaga (momentum-energi) dan vektor-4 perambatan-frekuensi. Vektor-4 pusa-tenaga, misalnya, mempunyai komponen-komponen p_x, p_y, p_z, dan $j\frac{E}{c}$, dan dapat disingkat $p_\mu = \left(\vec{p}, j\frac{E}{c}\right)$.

Karena kuadrat vektor adalah skalar (dan karena itu karar), maka relasi transformatif antara p_μ di *K* dan p'_μ di *K′*, bila *K′* bergerak nisbi terhadap *K* dengan kecepatan tetap $\vec{v} = \hat{z}\,v$, ialah

$$p'_\mu = L_{\mu\nu}\, p_\nu \quad .... \quad (10).$$

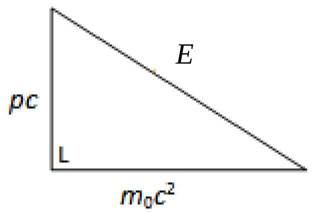
Di sini $L_{\mu\nu}$ ialah tensor peringkat-2 dan p'_μ dan p_ν pusa-4 berturut-turut di *K′* dan di *K′*. Indeks /μ dan ν yang nilainya dari 1 sampai 4, dan indeks kembar dalam satu suku otomatis dijalankan (dijumlahkan) dari 1 sampai 4. Aturan ini disebut konvensi penjumlahan Einstein. Dalam representasi matriks, $L_{\mu\nu}$ ialah matriks dalam persamaan (9).

Tinjaulah zarah yang di *K* pusa dan tenaganya p_μ dan di *K′* pusa dan tenaganya p'_μ . Kalau di *K* zarah itu bergerak, sedang di *K′* tidak bergerak [dengan kata lain, rihat (*at rest*)], maka $p_\mu = \left(\vec{p}, j\frac{E}{c}\right)$, dan di *K′*, $p'_\mu = \left(0, j\frac{E_0}{c}\right)$, sebab $E' = E_0 = m_0c^2$, yakni tenaga rihat (*rest energy*) zarah tersebut, yang massa rihatnya m_0. Maka kita dapatkah dari kekararan kuadrat vektor-4 itu,

$$p^2 - \frac{E^2}{c^2} = 0 - \frac{(m_0c^2)^2}{c^2}\,,$$

atau

$$(pc)^2 + (m_0c^2)^2 = E^2 \quad .... \quad (11)$$



Gambar 6

Persamaan (11) berbentuk Pythagoras dan dapat digambarkan dengan segitiga siku-siku (gambar 6). Ternyata relasi matematis yang ditemukan Pythagoras muncul lagi 2,4 milenia kemudian dalam teori Kenisbian Khusus Einstein.

de Broglie

Louis Victor de Broglie ialah putra keluarga ningrat yang terpandang di Perancis. Ia mahasiswa di bidang Humaniora. Di Universitas Paris ia mengambil konsentraasi dalam apa yang di Eropa Daratan, seperti di Belanda, disebut vak-vak alfa. Yang ditelaah dalam studinya ialah matakuliah-matakuliah seperti Filsafat, Etika, Kesusastraan, Bahasa Latin, Retorika dsb.

Di rumah keluarga de Broglie, abangnya Louis, yakni Maurice, sering melakukan eksperimen Fisika. Maurice de Broglie memang bukan fisikawan sekaliber Niels Bohr atau Wolfgang Pauli, tetapi tentulah ia bukan fisikawan "kacangan", sebab Einstein dan Lorentz mengenalnya. Ia adalah dosen Fisika Eksperimental di Fakultas Sains Universitas Paris.

Karena pengaruh Maurice, Louis de Broglie menjadi tertarik kepada Fisika. Pada waktu itu Einstein sudah tersohor, dan sudah merampungkan teori Relativitas Umumnya, meskipun belum diuji secara eksperimental, dan barangkali masih memerlukan sentuhan-sentuhan akhir (*finishing touches*) di sana-sini. Louis de Broglie sangat tertarik untuk mendalami teori Relativitas Einstein itu. Dengan diam-diam ia mempelajari sendiri teori itu, secara otodidak.

Ketika Perancis diserbu tentara Kekuatan Sentral[2] dalam PD-I, Louis de Broglie ikut membela negaranya sebagai sukarelawan. Di sela-sela tugas dinasnya, di waktu istirahat, ia terus mempelajari teori Einstein.

Setelah PD-I usai dan tes pertama terhadap teori Relativitas Umum dilakukan Arthur Edington dengan sukses dalam ekspedisinya di Pulau Principe, di lepas pantai Afrika Barat, keterpukauan Louis de Broglie pada teori itu tidak surut. Ia bahkan membuat makalah dengan menarik analogi dari Relasi Pythagoras-an yang ada dalam Relativitas Khusus Einstein (gambar 6).

Dengan sangat berani, Louis de Broglie berasumsi bahwa pencatuan (kuantisasi) cahaya Planck-Einstein

$$E = h\,c\,/\,\lambda$$

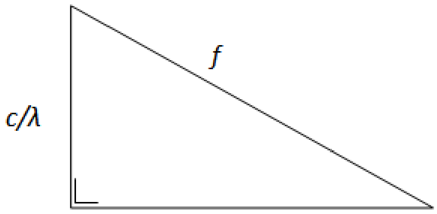
berlaku pula untuk zarah-zarah bermassa, dengan tenaga nisbian (energi relativistik) zarah itu :

$$E = E_0 + E_k\,;$$

[E_k = energi kinetik = $(\gamma - 1)\,E_0$, $E_0 = m_0 c^2$ = energi rihat (*rest energy*), $\gamma = 1/\sqrt{1-\beta^2}, \beta = v/c$]

Maka, relasi Pythagoras-an di atas beranalogi dengan yang diperlihatkan dalam gambar di bawah ini.

[2] Jerman Raya (termasuk Cheko-Slovakia) dan Austro-Hungaria, yang didukung Bulgaria dan Turki.



Kararan anu

Gambar 7

Dalam penyinaran benda hitam Plank dan dalam efek fotoelektrik Einstein

$$E = pc \text{ dan } f = c / \lambda$$

Maka Louis de Broglie dengan beraninya berasumsi secara analogis, bahwa pusa (*momentum*) p berbanding terbalik dengan riak-gelombang λ, dan relasi ini berlaku tidak hanya untuk foton cahaya yang nirmassa, tetapi juga untuk zarah-zarah bermassa, seperti elektron misalnya.

Karena dalam relasi Pythagoras-an Einstein, kaki yang kedua (yaitu alas segitiga siku-siku) adalah kararan (*invariant*), yakni energi rihat $m_0 c^2$, maka kaki kedua dalam segitiga siku-sikunya de Broglie pastilah sebuah kararan juga. Apa sebenarnya kararan itu, ia belum tahu. Karena itu, dalam relasi Pythagoras-an de Broglie kararan itu saya sebut "kararan anu" (*unknown invariant*). Pada hemat saya, kararan itu ialah m_0c^2 / h.

Agar relasi Pythagoras-an de Broglie benar secara kematraan (*dimensionally*) dan sesuai dengan relasi Pythagorasan Einstein, de Broglie menetapkan bahwa

$$p = h / \lambda$$

Ini mengungkapkan apa yang kemudian disebut keseduaan zarah-gelombang (*particle-wave duality*). Zarah yang bergerak dengan pusa p sedua dengan gelombang yang riak-gelombangnya

$$\lambda = h / p$$

Louis de Broglie sendiri menyebut karyanya teoretisnya sebagai "skema formal yang substansi fisikanya belum ditentukan". Pada waktu itu (1924) konfirmasi eksperimental dari "teori undulasi" itu juga belum ada.

Teorinya itu diajukan ke universitas Paris sebagai disertasi untuk memperoleh gelar doktor Fisika. Fakultas Sains di universitas itu bagaikan mendapat lemparan bola panas. Masalahnya dilematis : Untuk menerima disertasi itu, Universitas Paris tidak berani, sebab Louis de Broglie dalam Fisika bukan siapa-siapa. Lagi pula asumsi dalam disertasinya asli *banget* dan *kelewat* berani. Bagaimana kalau Universitas Paris menuai cemoohan para fisikawan di universitas-universitas lain di Eropa?

Akan tetapi, untuk menolak disertasi itu Universitas Paris juga tidak berani, karena Louis de Broglie seorang bangsawan bergelar pangeran, dan keluarga de Broglie sangat dihormati di Perancis.

Maka profesor Paul Langevin, fisikawan teori di Fakultas Sains, menunjukkan disertasi de Broglie kepada Einstein dan minta pendapatnya. Kata Einstein "Kelihatannya memang gila, tetapi karya ini benar-benar bagus."

Hingga akhirnya disertasi de Broglie pun diterima untuk dipertahankan di Universitas Paris, dengan Prof. Paul Langevin sebagai promotornya.

Louis de Broglie bukan saja lulus tetapi kemudian (1929) ia memperoleh hadiah Nobel berkat disertasinya itu. Itu tentulah karena konfirmasi eksperimental dari keseduaan zarah-gelombang de Broglie itu diberikan oleh Clinton J. Davisson di Amerika, dan oleh George P. Thomson (putra J.J. Thomsom), di Inggris. Keduanya juga danugerahi hadiah Nobel dalam Fisika (1937). Sampai sekarang ya baru Louis de Broglie saja yang disertasi doktor Fisikanya membuatnya menjadi pemenang hadiah Nobel.

Sebelum ada konfirmasi eksperimental dari Davisson dan dari Thomson, untuk meyakinkan kebenaran keseduaan zarah-gelombang de Broglie, ditunjukkan bahwa

$$p = h / \lambda$$

konsisten dengan postulat Bohr

$$\ell = n\,\hbar \ (n = 1, 2, ...),$$

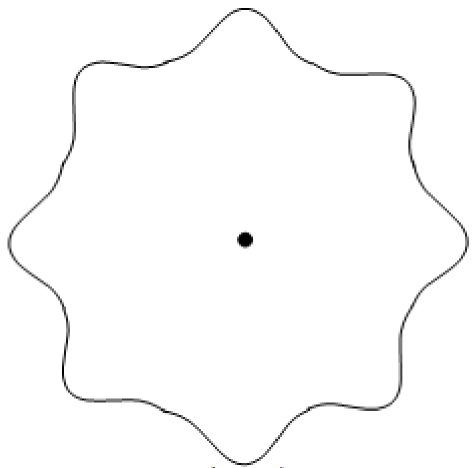
dengan menyatakan bahwa keliling orbit elektron yang mengedari inti atom *H* merupakan kelipatan utuh (*integral multiple*) riak-gelombang de Broglie.

$$C = 2\pi r = n\lambda \ (n = 1, 2, ...)$$

Maka $r = n\frac{\lambda}{2\pi} \rightarrow \ell = rp = \frac{n\lambda}{2\pi}\cdot\frac{h}{\lambda} \rightarrow$ $\ell = n\left(\frac{h}{2\pi}\right)$ atau $\ell = n\,\hbar \ (n = 1, 2, ...)$

Tetapi konsistensi itu tidak terlalu meyakinkan dan bisa dianggap hanya suatu kebetulan. Hal ini dikarenakan orbit elektron yang berupa lingkaran dalam teori Bohr hanya berupa suatu pendekatan.

Teori itu kemudian dikoreksi oleh Arnold Sommerfeld dengan orbit eliptik dan energi elektron yang relativistik. Teori itu kemudian digarap lagi dalam Mekanika Kuantum oleh Erwin Schroedinger dan dalam Mekanika Kuantum Nisbian oleh Paul A.M. Dirac.

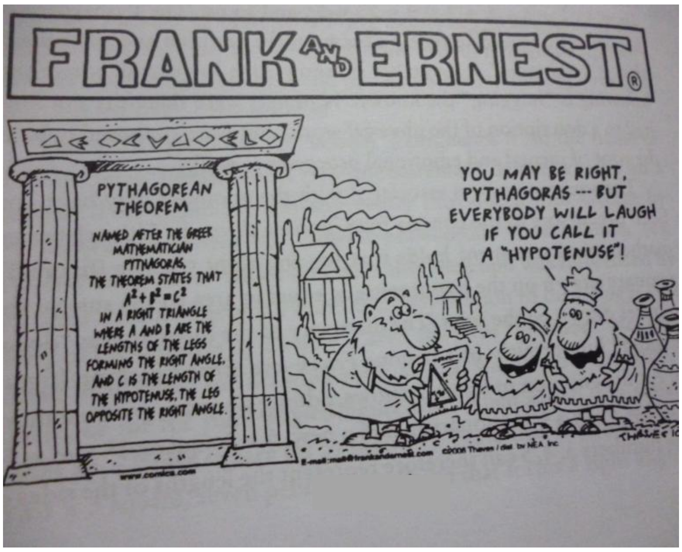


$(n = 4)$

Gambar 8

Kuda Nil

Buah pikiran Pythagoras, melalui dalilnya, bisa dikatakan membenih (*seminal*). Dalil itu "mengilhami" bentuk matematis yang sama, yang tadi saya sebut relasi Pythagorasan Einstein. Kemudian buah karya Einstein itu "membenihkan" relasi Pythagorasan de Broglie. Jadi, kira-kira dua setengah milenia sesudah ditemukan, dalil Pythagoras itu "mengantarkan" empat orang fisikawan menjadi terkenal. Tiga di antaranya, yakni de Broglie, Davisson, dan Thomson, memperoleh hadiah Nobel. Yang keempat ialah Einstein. Ia pun mendapat hadiah Nobel, tetapi untuk karyanya tentang fotoemisi.



Gambar 9. *M. Livio*: **Is God A Mathematician?**

Toh ada yang memprotes Pythagoras. Dua sekawan kartunis, Frank dan Ernest, membuat kartun seperti di bawah ini. Dua ekor kuda nil protes, sebab Pythagoras menyebut sisi miring segitiga siku-siku "*hypotenuse*". Nama ini dianggap menyerempet nama mereka, yakni "*hipopotamus*". Dasar kuda nil rewel! "*Hypotenuse*" kan cukup jauh berbeda — baik ejaannya, maupun lafaznya, dari "*hipopotamus*". Apalagi kalau dengan nomenklatur lengkapnya, yakni "*hippopotamus amphibius*".

==========

L. Wilardjo adalah seorang fisikawan asal Purworejo, mendapat gelar M.Sc. dari Michigan State University (1965) dan meraih gelar doktor dalam bidang fisika pada tahun 1970. Sejak 1962 ia menjadi dosen di Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, dan tahun 1998 ia diangkat sebagai Guru Besar. Tahun 1990 ia mendapat gelar Dr. Hc. dalam Sains dari Vrije Universiteit Amsterdam.