

BAB I

PENDAHULUAN

Definisi dan Asal Mula Psikometri

Psikometri atau *Psychometric* didefinisikan dalam *Chambers Twentieth-Century Dictionary* sebagai “*branch of psychology dealing with measurable factors*”. Untuk menelusuri perkembangan awal psikometri maka tidak mungkin kita menafikan perkembangan inteligensi, karena perkembangan psikometri berkembang bersama dengan perkembangan teori dan pengukuran inteligensi.

Perkembangan teori inteligensi dipengaruhi oleh teori evolusi Darwin yang tampak dari pendapat atau studi-studi yang dilakukan oleh Galton yang sangat mempercayai teori evolusi ini yang kemudian mempengaruhinya dalam menyusun teori tentang genius.

Galton pada tahun 1869 menulis *Hereditary Genius: An Inquiry into its Laws and Consequences*. Galton melakukan studi geneologi terhadap keluarga-keluarga terkemuka di bidang sains dan berpendapat bahwa kegeniusan yang bersifat genetika ini ditemukan dalam keluarga-keluarga ini termasuk di keluarganya sendiri. Pada akhir abad XIX akhirnya berkembang pendapat di Inggris bahwa ras kulit putih, bangsa Inggris, kelompok kelas menengah adalah merupakan puncak dari evolusi ini.

Galton adalah bapak psikometri. Dia mendirikan laboratorium antropometri di South Kensington exhibition tahun 1883, disana orang-orang yang menghadiri eksibisi itu bisa diuji kecerdasan mereka melalui tiga hal, dan data yang diperoleh dari tes itu dan studi lain memberi materi mentah untuk pengembangan alat-alat yang bisa dijual. Dia juga melakukan studi kembar sebagai teknik meneliti keturunan, dan bersama koleganya, Karl Pearson, dia menciptakan Koefisien Korelasi *Product-Moment* untuk menganalisis data ini. Sebenarnya, usaha untuk mengukur kecerdasan dengan tes yang dia lakukan itu mengalami kegagalan, karena sedikitnya pengukuran yang dibuat Galton – variabel visual, auditory and weight discrimination, dan variabel psikofisik lain

yang saling berhubungan. Galton juga mengembangkan kurva normal sebagai model untuk distribusi skor tes.

Pearson terus mengembangkan matematika korelasi, yaitu dengan menambahkan koefisien korelasi parsial dan ganda serta uji chi kwadrat. Charles Spearman (1904) mantan tentara yang menjadi psikolog, lebih jauh mengembangkan prosedur analisis matriks korelasi yang lebih kompleks yang kemudian menjadi dasar analisis faktor.

Teori Umum Pengukuran

Campbel mendefinisikan pengukuran “*assignment of numerals to objects or events according to rules*”. Jadi pengukuran adalah menyesuaikan atau mencocokkan antara obyek dengan ukuran angka dalam penggaris. Berapa panjang meja, tiang, kain adalah contoh-contoh mencocokkan obyek-obyek dengan ukuran penggaris.

Sifat Matematika.

Pengukuran sangat berkaitan dengan matematika. Kita tidak dapat memahami sifat pengukuran tanpa mengetahui apa-apa tentang matematika. Matematika sebenarnya bukan sekedar angka-angka tetapi adalah sebuah bahasa logika (*Bertrand Russel*).

Rumus dan Dalil.

Cabang matematika apapun bermula dari rumus-rumus. Rumus adalah sebuah pernyataan yang diasumsikan benar tanpa perlu harus dibuktikan. Sebuah rumus menyatakan sebuah asumsi tentang hubungan antar obyek. Misalnya, rumus $a + b = b + a$. Ini berarti bahwa jika kita menggabungkan dua obyek, a dan b, tidak peduli a atau b yang di depan akan memunculkan hasil yang tidak berbeda. Sebuah rumus sangat berguna karena kesimpulan atau deduksi yang kita peroleh darinya dan dari kombinasinya dengan rumus yang lain. Dalam mengembangkan sistem dari satu rangkaian rumus tidak akan ada dua hal yang bertentangan. Pasti keduanya akan konsisten secara internal.

Dengan deduksi logis, muncullah dalil. Jika penalarannya logis atau sejalan dengan rumus, maka dalil-dalil itu benar karena rumusnya benar. Kebenaran yang dimaksud disini adalah kebenaran logis bukan kebenaran empiris. Dari rumus sampai dalil, kesemuanya berada dalam tataran gagasan atau ide. Tidak

ada poin untuk menuntut bukti eksperimental dari deduksi itu. Bukti yang paling layak adalah berada pada tataran logis.

Model Matematika

Dengan kata lain, baik rumus maupun dalil matematika tidak melaporkan apapun tentang dunia dimana kita hidup, dunia yang bisa diamati (dengan indera). Gagasan kuno bangsa Yunani bahwa dunia berjalan sesuai dasar matematis adalah salah. Matematika adalah temuan (invention) manusia bukan fakta di lapangan (discovery). Salah juga jika dikatakan bahwa kurva distribusi Gaussian atau normal, adalah kurva biologis atau kurva psikologis. Keduanya adalah murni kurva matematis. Sebenarnya keduanya yang bisa digunakan untuk menggambarkan distribusi observasi dalam biologi dan psikologi adalah keinsidental. Namun hal ini tidak akan menghapus keyakinan yang kuat, dan bahkan keakuratan, penggunaan distribusi normal sebagai model untuk menggambarkan peristiwa-peristiwa di alam biologis dan psikologis. Sebenarnya, ini adalah contoh yang baik tentang fungsi umum matematika – memberi model yang meyakinkan dan berwarna untuk mendeskripsikan alam. Alam tidak pernah sepasti yang dijelaskan oleh model matematika. Semua deskripsi itu hanyalah perkiraan, bisa tepat bisa melenceng.

Isomorphisme

Dengan demikian tidak bisa kita katakan bahwa alam tunduk kepada hukum matematika. Jika pernyataan ini benar, kemudian bagaimana kita bisa menggunakan model matematika untuk menggambarkan alam? Bagaimana kita bisa menandakan angka kepada obyek dan peristiwa? Bagaimana kita bisa mengukur sesuatu yang tidak ada ke dalam bentuk angka? Jawabannya adalah struktur alam yang kita ketahui memiliki karakteristik yang cukup paralel dengan struktur sistem dalam matematika. Di sana diantara dua itu ada yang dinamakan dengan isomorphisme: kesetaraan bentuk (*equivalence of form*). Di beberapa hal kesetaraannya sangat detail, meskipun di beberapa hal lain kesetaraannya kabur. Aplikasi sistem matematika apapun dapat diuji secara empiris. Misalnya, kita menggunakan kurva distribusi normal untuk deksripsi pengukuran, kita bisa menguji “*goodness of fit*” dengan melakukan uji chi kwadrat. Jika chi kwadrat kecil maka kita menerima model kurva normal, jika chi kwadrat tinggi maka kita

menolak model itu sebagai deskripsi. Jika kita menemukan kesesuaian (fit) diterima, kita bisa mengambil keuntungan dari karakteristik matematis kurva normal dalam memperoleh kesimpulan mengenai data dan dalam melakukan prediksi yang bergantung kepada karakteristik matematikanya. Kita juga dengan sangat yakin menyatakan bahwa kesimpulan dan prediksi kita akan memiliki eror yang sangat kecil. Kesimpulan dan prediksinya berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

Sifat Angka

Tidak ada definisi tunggal yang mencakup semua jenis angka. Ada sebuah definisi yang diberikan oleh Bertrand Russel, yang terlihat tepat jika diterapkan untuk angka rasional yaitu angka adalah “kelas dari semua kelas”. Ini hanya bisa dijelaskan dengan baik dengan menggunakan ilustrasi. Beberapa kelas obyek (apapun obyek itu) memiliki kelas yang sama karena mereka pada umumnya memiliki karakteristik angka dua. Dua ikan, dua manusia, dua pensil, dua gagasan, kesemuanya memiliki kelas karena satu alasan. Elemen kesamaannya adalah dua. Duo, trio, kuartet, adalah kelas-kelas yang dibentuk oleh nalar “keangkaan” (“*numerosities*”) dalam diri mereka.

Perkembangan Sistem Angka

Sistem angka adalah bagian dari sistem alamiah. Sistem alamiah meliputi semua bilangan bulat positif yang tidak diragukan lagi diperlukan untuk melakukan penghitungan obyek diskrit. Untuk tujuan ini diperlukan bilangan bulat positif yang bisa menggunakan operasi tambahan dan perkalian. Hasil dari operasi itu adalah bilangan bulat positif pula. Namun, operasi pengurangan agak terbatas perannya dalam sistem ini kecuali jika pengurangan dilakukan oleh bilangan itu sendiri atau bilangan yang lebih kecil. Perluasan dari pengurangan bisa menghasilkan angka negatif. Operasi pembagian lebih terbatas lagi karena pembagaian dilakukan tergantung dari operasi perkalian bilangan bulat positif, karena kalau tidak akan menghasilkan bilangan pecahan

Sistem angka yang memasukkan angka positif, negatif, dan pecahan disebut sistem rasional. Dalam sistem ini digunakan dua angka umum yaitu positif dan negatif. Selain itu empat operasional (penambahan, perkalian, pengurangan, dan pembagian) bisa dilakukan kecuali pembagian dengan angka nol.

Aplikasi Angka untuk Pengukuran

Menurut prinsip isomorphisme, kita bisa menggunakan angka dalam pengukuran (menandakan mereka ke dalam benda atau peristiwa) sejauh karakteristik angka itu paralel dengan karakteristik obyek atau peristiwa yang diukur.

Beberapa karakteristik Angka yang Digunakan dalam Pengukuran.

Ada tiga karakteristik yang paling penting dalam pengukuran, yaitu: *identitas*, *rank order*, dan *additivitas*. Angka, kecuali untuk kasus persamaan, dapat ditempatkan di dalam urutan yang tidak bertentangan dengan skala linier. “Additivitas” adalah operasi penambahan yang konsisten secara internal. Di saat itu lebih penting diketahui konsep additivitas apa yang digunakan. Semua operasi dasar dapat digunakan dalam additivitas. Jika penambahan bisa dilakukan dengan angka rasional maka bisa juga digunakan ke dalam tiga operasi yang lain. Pengurangan adalah penambahan dua angka yang salah satunya adalah bilangan negatif. Perkalian adalah proses penambahan pengganti dari angka yang sama. Pembagian adalah proses pengurangan pengganti yang merupakan penambahan pengganti angka negatif.

Contoh Urutan

Penggunaan urutan (order) mudah sekali dilakukan. Misalnya, dalam psikologi binatang, induk ayam yang biasanya mematuk induk ayam kedua ketika berebut makanan yang sama dikatakan lebih dominan. Dengan *pecking test* urutan patukan atau tingkat dominasi induk ayam atas yang lain bisa ditentukan. Dengan pengamatan langsung, nada bisa diukur tinggi nadanya dengan penilaian “lebih tinggi”, warna merah bisa diurutkan berdasarkan tingkat “kemerahannya”, atau foto bisa diurutkan berdasarkan kepada tingkat “pencahayaannya”.

Contoh Additivitas.

Additivitas jarang sekali digunakan, sekalipun dalam fisika. Contohnya adalah panjang benda. Pertama kita melakukan urutan atau order. Jika kita mengambil dua benda yang linier (kawat, tongkat, dan papan) dan meletakkan mereka secara bersisian dengan ujung setiap benda itu dijajarkan secara setara, kemudian kita bandingkan panjang mereka. Dengan pengamatan langsung maka kita langsung bisa menentukan mana yang lebih panjang. Tiga benda itu bisa kita

sambung sehingga kemudian kita bisa mendapatkan hasil penambahan panjang ketiga benda itu.

Penambahan di atas tidak bisa dilakukan kepada peristiwa-peristiwa tertentu. Misalnya kita tidak bisa menambahkan dua tingkat temperatur suhu. Misalnya jika dalam suatu ruangan memiliki suhu 28°C dan 32°C , kita tidak bisa kemudian menambahkan dua kondisi itu sehingga hasilnya $28^{\circ}\text{C} + 32^{\circ}\text{C} = 50^{\circ}\text{C}$. Dalam ilmu fisika hal ini tidak bisa terjadi.

Pengukuran dengan Angka yang Terbatas

Contoh pengukuran yang terbatas adalah skala sentil dalam psikologi. Sentil adalah rank dari 100 posisi rank. Sentil P_{80} adalah posisi ke 80 dari rank terbawah. Perbedaan antara P_{80} dan P_{60} adalah 20% kasus antara dua persentil ini. Dalam hal ini kita telah melakukan pengurangan yang jelas yaitu $80 - 60 = 20$ yang hasilnya sama dengan $40 - 20 = 20$. Namun hasil yang sama di atas belum tentu bisa diterapkan dalam skor persentil.

Rumus Dasar Pengukuran

Ada sembilan rumus yang menjadi dasar pengukuran, yaitu:

1. $a = b$ tidak bisa sekaligus menjadi $a \neq b$.
2. Jika $a = b$, maka $b = a$
3. Jika $a = b$ dan $b = c$, maka $a = c$
4. Jika $a > b$, maka $b \neq a$
5. Jika $a > b$ dan $b > c$, maka $a > c$
6. Jika $a = p$ dan $b > 0$, maka $a + b > p$
7. $a + b = b + a$
8. Jika $a = p$ dan $b = q$, maka $a + b = p + q$
9. $(a + b) + c = a + (b + c)$

Rumus pertama adalah identitas angka. Angka itu identik atau berbeda. Rumus kedua hubungan ekualitas adalah simetris. Ekualitas dapat dibalik. Rumus ketiga adalah sesuatu yang sama dengan beberapa hal sama maka akan sama satu sama lain. Rumus 4 menyatakan bahwa relasi $>$ adalah asimetris. Kita tidak bisa membalikkan dua hal yang asimetris. Tidak bisa dikatakan bahwa $a > b$ maka $a < b$.

Rumus 5 adalah pernyataan transitif. Pernyataan yang intransitif adalah Klub Sepakbola A mengalahkan B, B mengalahkan C, dan C mengalahkan A. Sepakbola bukanlah matematis. Ranking di atas adalah sirkular bukan linier. Rumus 6 menunjukkan kemungkinan penjumlahan. Hasilnya akan berbeda jika b lebih besar atau lebih kecil dari nol, tapi akan sama jika $b = 0$. Rumus 7 menyatakan bahwa urutan dalam penambahan tidak memiliki pengaruh. Rumus 8 menyatakan bahwa obyek yang sama dapat saling ditukar dalam penambahan. Rumus 9 menyatakan bahwa urutan kombinasi atau asosiasi tidak akan berbeda hasilnya dalam penambahan.

Empat Level (Skala) Pengukuran

Secara berurutan dari level yang terendah sampai yang tertinggi empat pengukuran adalah sebagai berikut: nominal, ordinal, interval, dan rasio. Level pengukuran ini dibedakan berdasarkan beberapa kriteria. Menurut definisi pengukuran – assignment of numerals to objects and events according to rules – aturan yang digunakan dalam penandaan angka mencakup kriteria esensial yang mendefinisikan skala. Skala yang lebih tinggi memerlukan aturan-aturan yang lebih rumit, membutuhkan lebih banyak rumus. Ada juga beberapa perbedaan seberapa banyak yang dapat dilakukan secara matematis dan statistik terhadap angka-angka pada level pengukuran yang berbeda. Level skala yang lebih tinggi, semakin banyak yang bisa kita lakukan terhadap angka-angka itu semakin banyak yang kita peroleh dalam pengukuran.

Skala Nominal.

Dalam skala nominal kita hanya menggunakan sebuah angka sebagai label kelas atau kategori. Angka-angka kelas dianggap setara. Kita bisa menandai mereka dalam “kelompok 1” “kelompok 2” dan seterusnya. Angka dapat saling ditukar. Satu-satunya aturan untuk menandai dengan angka adalah bahwa semua anggota kelas akan memiliki angka sama dan tidak ada dua kelas yang dengan angka yang beda.

Perlu diingat bahwa klasifikasi adalah bentuk yang paling lemah dalam level pengukuran. Ketika kelas-kelas itu dapat diurutkan berdasarkan skala linier, berarti selangkah lebih baik level pengukurannya. Dalam klasifikasi ini kita bisa

menggunakan frekuensi sebagai hasil pengukuran untuk setiap kategori. Sementara untuk mengetahui kelas yang paling populer bisa menggunakan modus. Sementara itu jika ada dua klasifikasi dalam satu variabel dan dua klasifikasi lagi di variabel yang lain maka kita bisa menentukan interdependensi dua variabel dengan menghitung koefisien kontingensi. Karakteristik level pengukuran yang lebih bawah bisa digunakan oleh pengukuran yang lebih atas.

Skala Ordinal.

Dalam pengukuran skala ordinal, angka yang diberikan menggunakan karakteristik rank order. Dasar logis untuk rank order ada di rumus 4 dan 5. Jika a dan b tidak sama, maka keduanya berbeda sifat obyeknya. Skor motivasi 4 tidak sama dengan skor motivasi 5.

Kadang-kadang dasar klasifikasi dalam kategori-kategori berkomposisikan dari dua variabel atau lebih. Misalnya, melakukan ranking terhadap orang-orang sesuai dengan level sosioekonominya dimana ada dua indeks variabel atau lebih, misalnya penghasilan, pendidikan, dan pekerjaan. Dua orang mungkin saja berada di ranking yang sama untuk penghasilan tapi memiliki ranking yang berbeda dalam pendidikan. Rumus 4 bisa kita gunakan.

Penerapan rank order bisa dianggap sebagai klasifikasi ke dalam kategori kuantitatif. Perbedaan antara dua kategori berdasarkan kepada beberapa kualitas atau karakteristik obyek yang rankingkan. Pembedaan sempurna berarti menempatkan hanya satu obyek dalam satu kategori, seperti yang dilakukan dalam metode rank order. Setiap kategori kemudian memiliki frekuensi satu. Tapi dalam pemahaman umum, kelompok-kelompok bisa digunakan untuk menghindari pemaksaan pembedaan yang melampaui batas ketepatan observasional. Setelah memiliki frekuensi lebih dari satu dalam beberapa atau semua kategori. Metode yang sesuai dengan deskripsi ini disebut dengan metode *successive categories*. Tidak harus jarak antar kategori itu sama seperti yang dimiliki oleh skala interval.

Statistik yang digunakan untuk skala nominal bisa digunakan juga untuk skala ordinal, yaitu frekuensi, modus, dan koefisien korelasi kontingensi. Prinsip order memungkinkan untuk menggunakan statistik tambahan, yaitu median, sentil, dan koefisien korelasi rank-order.

Skala Interval

Skala interval disebut juga dengan skala unit-unit. Skala interval dalam setiap unit memiliki jarak yang sama satu sama lain. Dalam skala ini posisi nol memiliki posisi yang bebas. Nol bukanlah batas terendah dari skala ini. Contohnya adalah skala temperatur udara dan skor z. Statistik yang bisa kita gunakan adalah rata-rata, deviasi standar, Korelasi *Pearson product-moment*. Yang tidak bisa digunakan adalah variasi, karena posisi nol yang bebas itu membuat semua variasi adalah sama.

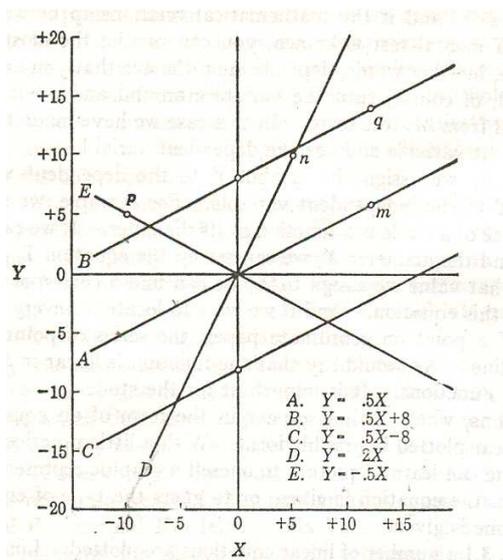
Skala Rasio

Skala rasio memiliki karakteristik yang sama dengan skala interval tapi memiliki nilai 0 mutlak. Nilai terendah dari skala ini adalah 0. Semua rumus di atas bisa digunakan. Semua statistik bisa digunakan termasuk koefisien variasi. Menghitung obyek adalah skala rasio karena memiliki nilai 0 (tidak ada obyek), ini disebut rasio frekuensi.

Fungsi Matematika

Fungsi Linier

Fungsi memiliki dua tampilan yaitu persamaan dan grafik. Misalnya grafik di bawah ini yang mencerminkan beberapa persamaan.



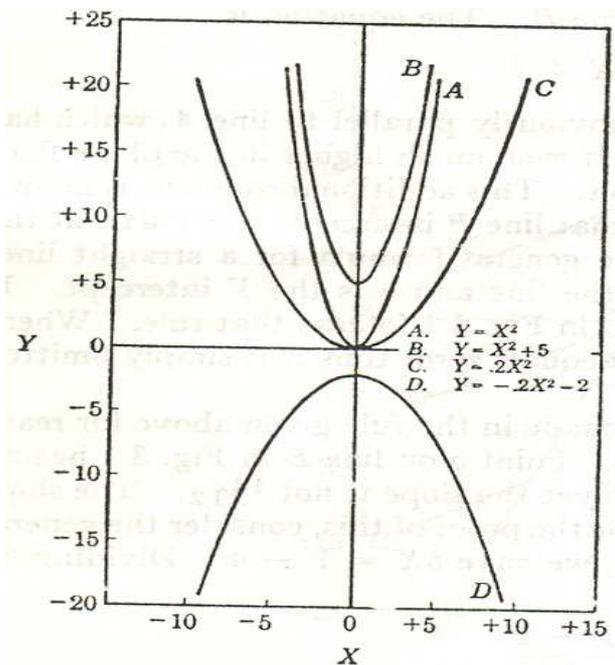
Garis A: $Y = .5X$, B: $Y = .5X + 8$, C: $Y = .5X - 8$, D: $Y = 2X$, E: $Y = -.5X$

Garis memiliki persamaan $Y = .5X$, artinya jika $X = 0$ maka $Y = 0$. Oleh karena itu Garis A melewati titik 0. Jika $X = 1$ maka $Y = .5$, jika $X = 2$ maka $Y = 1$ dan seterusnya. Setiap ada penambahan 1 unit X akan terjadi penambahan .5 pada Y. .5 disini disebut dengan slope. Untuk mengetahui slopenya bisa dihitung dengan cara membagi skor Y dengan skor X. Artinya jika $Y = 6$ dan $X = 12$, maka slopenya adalah $6/12$ atau .5. Ini bisa dilakukan jika garis potong X dan Y adalah 0. Garis D dan E sama dengan garis A yaitu titik potongnya ada di 0. Kalau D semakin tinggi X akan semakin tinggi Y dengan slope Y/X , contohnya jika $X = 1$ maka $Y = 2$. Jadi slopenya $2/1 = 2$. Garis E kebalikan dari D. Semakin tinggi X akan semakin rendah Y. Slopenya adalah 0.5. Jika $X = 1$ maka $Y = -0.5$.

Garis B persamaanya adalah $Y = .5X + B$, slopenya adalah .5 dan terlihat paralel dengan Garis A yang memiliki slope yang sama. Perbedaan keduanya adalah titik potong atau intercept, kalau garis A interceptnya di nilai 0 sedangkan garis B di nilai 8. Begitu juga dengan garis C memiliki slope yang sama dengan A dan B tapi interceptnya -8. Intercept ini adalah konstanta (a). Artinya jika $X = 0$ maka $Y = 8$ untuk garis B sedangkan untuk garis C, jika $X = 0$ maka $Y = -8$. Untuk mencari slope garis B dan C bukan lagi Y/X tapi $(Y-a)/X$.

Fungsi non-linier

Dalam fungsi non-linier kita akan mendapatkan garis parabola dengan dua sisi garis yang berkurva. Persamaan-persamaan tidak linier untuk parabola contohnya adalah garis A: $Y = X^2$, B: $Y = X^2 + 5$, C: $Y = .2X^2$, dan D: $Y = .2X^2 - 2$. Grafik dari persamaan di atas bisa dilihat sebagai berikut:

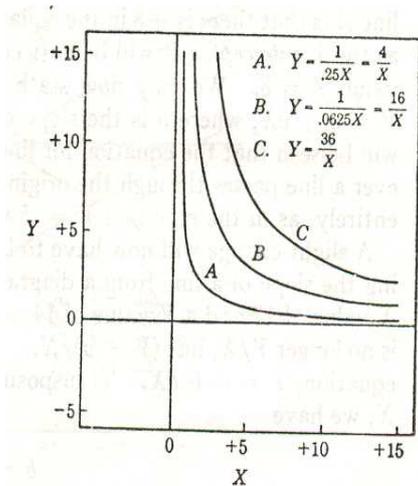


Garis A dan C interceptnya adalah 0, garis B interceptnya adalah 5, sedangkan garis D interceptnya -2.

Fungsi non-linier lain adalah hiperbola dengan persamaan:

$$Y = \frac{1}{a+bX} \text{ atau } \frac{1}{Y} = a+bX$$

Persamaan itu menunjukkan bahwa timbale balik Y memiliki hubungan linier dengan X.



Pangkat dan Akar

Ada 6 aturan dalam Pangkat dan Akar yaitu:

Aturan 1: $x^a \times x^b = x^{a+b}$ Contoh: $2^3 \times 2^2 = 2^{3+2} = 2^5 = 32$, perlu diingat bahwa $x^a + x^b \neq x^{a+b}$

Aturan 2: $(x^a)^b = x^{ab}$ Contoh: $(2^3)^2 = 2^{3 \cdot 2} = 2^6 = 64$

Aturan 3: $(xy)^a = x^a \times y^a$ Contoh: $(2y)^3 = 2^3 \times y^3 = 8y^3$

Aturan 4: $\left(\frac{x}{y}\right)^a = \frac{x^a}{y^a}$ Contoh: $\left(\frac{x}{3}\right)^2 = \frac{x^2}{3^2} = \frac{x^2}{9}$

Aturan 5: $\frac{x^a}{x^b} = x^{a-b}$ jika $a > b$. Contoh: $\frac{2^6}{2^3} = 2^{6-3} = 2^3 = 8$

$\frac{x^a}{x^b} = \frac{1}{x^{b-a}}$ jika $a < b$. Contoh: $\frac{2^a}{2^6} = \frac{1}{2^{6-3}} = \frac{1}{2^3} = \frac{1}{8}$ bias jadi pangkatnya nol.

Aturan 6: $x^{-a} = \frac{1}{x^a}$ Contoh: $2^{-3} = \frac{1}{2^3} = \frac{1}{8}$, perlu diingat bahwa pangkat yang negative tidak membuat angka yang dipangkatkan itu negative tapi hanya menunjukkan bahwa pembaginya dibalik. Contoh: $3^{-2} \neq -\frac{1}{3^2}$ atau $-\frac{1}{9}$.

Aturan 7: $x^{1/2} = \sqrt{x}$ atau $x^{1/4} = \sqrt[4]{x}$, jadi $\sqrt[n]{x^m} = x^{\frac{m}{n}}$ Contoh: $\sqrt[2]{2^4} = 2^{\frac{4}{2}} = 2^2$, $\sqrt[3]{2^5} = 2^{\frac{5}{3}}$

Aturan 8: $\sqrt{x} \times \sqrt{y} = \sqrt{xy}$
 $\sqrt{x} / \sqrt{y} = \sqrt{x/y}$

Logaritma

Aturan 1: $\log ab = \log a + \log b$

Aturan 2: $\log \frac{a}{b} = \log a - \log b$

Aturan 3: $\log a^n = n \log a$

Aturan 4: $\log \sqrt[n]{a} = \frac{\log a}{n}$