

1. DEFINISI

Dalam setiap ilmu pengetahuan, pengukuran menghasilkan deskripsi kuantitatif dari suatu proses dan produk yang membuat kita memahami tingkah laku dan hasil. Dan akan semakin berkembang jika kita memilih teknik dan utilitas yang lebih baik untuk mengendalikan dan memaksimalkan kinerja suatu proses, produk dan resources (sumber) yang ada. Karena seorang engineer tidak dapat dikatakan sebagai engineer sejati, sampai kita dapat membangun pondasi yang solid untuk mengukur berdasarkan teori. (Pfleeger et al., 1997).

Lord Kelvin

Ketika kalian dapat mengukur apa yang kalian katakan dan mengekspresikannya dalam angka-angka, maka kalian mengetahui sesuatu tentang itu. Tetapi jika kalian tidak dapat mengukur dan mengekspresikan sesuatu dengan angka-angka, pengetahuan tersebut tidak lengkap dan belum mencukupi dengan baik.

J. C. Maxwell

Mengukur berarti mengetahui

Krantz et al, 1971

Pengukuran adalah memetakan obyek empirik ke obyek angka-angka dengan perubahan yang setara.

Teori Pengukuran :

Pengukuran berarti perubahan yang setara antara area empirik dan barisan angka-angka tertentu.

Definisi Pengukuran menurut Pflanzagl's () :

Pengukuran adalah proses menyebutkan dengan pasti angka-angka tertentu (misalnya entiti matematik untuk mewakili isi sebuah vektor), untuk mendeskripsikan suatu atribut empirik dari suatu produk atau kejadian dengan ketentuan tertentu.

Pengukuran menurut Ellis (1966) melalui (Carnahan, 1997)

Pengukuran adalah penyebutan dengan pasti secara numerik terhadap sesuatu, termasuk untuk setiap urutan yang sudah pasti dan aturan non degenerate.

Susun!



Dari (Bill, 1980) melalui Steven (1984).

Proses pengukuran adalah proses memetakan properti atau hubungan empiris ke model formal. Pengukuran dimungkinkan dengan adanya isomorphism antara :

- *Hubungan empiris diantara properti suatu obyek dan kejadian yang ada padanya.*
- *Properti dari model formal yang terdiri dari angka dan perubahan operator.*

Mengukur (IEEE, 1993) :

Suatu jalan untuk memastikan dan memberitahukan suatu nilai dengan cara membandingkannya dengan suatu standar, untuk mengaplikasikan suatu metrik (cara dan metode pengukuran).

Pengukuran (IEEE, 1993):

Tindakan melakukan proses mengukur : gambaran, tingkatan atau jumlah yang dapat dihasilkan dari mengukur.

Pfleeger et al., (1997):

Mengukur adalah pemetaan sederhana dari suatu kenyataan, dunia empiris ke dunia matematik, dimana kita dapat lebih mudah dalam memahami atribut dari entiti dan relasi masing-masing entiti tersebut dengan entiti lainnya. Kesulitannya adalah bagaimana kita dapat menginterpretasikan perilaku matematik dan mengartikannya dalam dunia nyata kembali secara tepat.

Pengukuran: (Fenton, 1994)

Pengukuran adalah pendefinisian suatu proses dengan angka atau simbol-simbol yang menjelaskan dengan pasti atribut suatu entiti di dunia nyata sesuai dengan aturan tertentu yang didefinisikan sebelumnya.

2. PRINSIP DASAR PENGUKURAN

Margenau (1950) menyatakan bahwa berbagai macam disiplin ilmu dapat diklasifikasikan berdasarkan dari tingkat pendekatan analisis terhadap teori penyusunnya, bukan berdasarkan hubungan secara langsung satu sama lain. Seperti yang Torgerson (1958) nyatakan, dia amat mempercayai bahwa “ilmu pengetahuan dapat menjadi semakin berkembang jika diklasifikasikan

Susun!



dalam tingkatan dengan pengukuran yang dapat mewakili variabel penting daripadanya.

Dalam studi sistem komputer, baik pada saat perancangan maupun pada saat telah beroperasi membutuhkan teknik-teknik pengukuran untuk menentukan kinerja sistem. Secara bahasa defenisi mengukur sistem adalah suatu kegiatan mengumpulkan informasi tentang aktivitas sistem ketika sistem tersebut sedang melayani para penggunanya, baik itu pengguna nyata maupun pengguna yang dihasilkan dengan teknik simulasi.

Pengukuran dilakukan untuk mendapatkan informasi tentang atribut dari suatu entitas pada suatu sistem.

- **Entitas** dapat berupa obyek, termasuk orang atau spesifikasi perangkat lunak, atau kejadian dalam fase pengetesan pada proyek perangkat lunak
- **Attribut** adalah karakteristik properti dari entitas yang sedang diselidiki.

Ini berarti, bahwa *kita disebut mengukur jika kita mengukur atribut dari sesuatu*. Pengukuran harus dapat membuat kita dapat menyebutkan dengan pasti dalam bentuk angka-angka dan simbol dari suatu atribut entitas yang dideskripsikan tersebut. Angka-angka sangat berguna dan sangat penting dalam meringkas sesuatu. Dan mengukur itu tidak hanya sekedar angka-angka saja, tapi juga mendefinisikan pemetaan entitas dan atribut dalam bentuk pertanyaan.

Perbedaan antara ilmu pengetahuan yang "well developed" seperti fisika dengan ilmu pengetahuan yang "less well developed" seperti psikologi atau sosiologi adalah dari sudut bagaimana kita dapat melakukan pengukuran terhadapnya. (Robert, 1979)

Dalam ilmu pengetahuan *well developed*, gagasan dapat didefinisikan dalam istilah yang berhubungan satu sama lain dengan persamaan formal. Model hubungan dapat dibangun antara teori ketika beberapa gagasan dapat dioperasikan untuk mendefinisikan istilah-istilah data yang diobservasi. Hubungan antara operasi di dalamnya didefinisikan dengan korelasi atau koefisien regresi. Sedangkan pada ilmu pengetahuan *less developed*, hubungan antara teori dan operasi tidak perlu didefinisikan dalam basis matematik formal, tetapi pada landasan *dugaan logika*, dan hubungan antara operasi yang ada di dalamnya didefinisikan dalam argumentasi verbal.

Teori pengukuran menyediakan lingkup formal untuk melakukan pengukuran. Ini mendefinisikan proses pengukuran sebagai suatu fungsi

Susun!



matematika. Hal tersebut memungkinkan untuk menentukan apakah suatu operasi matematika yang tepat dapat berarti dalam pengukuran yang dilakukan atau tidak – ini sangat penting dalam penentuan skala pengukuran. Banyak orang mengukur dalam lingkup ilmu-ilmu sosial dapat melihat pemahaman dari teori pengukuran, tapi tidak dapat mengukur secara keseluruhan atau dengan kata lain, suatu pengukuran terbaik adalah pengukuran yang didapatkan berdasarkan pengalaman dalam melakukan analisis statistik (Russel, 1990).

Tom de Marco

Kalian tidak dapat mengendalikan apa yang tidak dapat kalian ukur.

Aktivitas pengukuran harus memiliki obyektif atau tujuan yang jelas. Dan harus pula dapat menetapkan dengan pasti entitas dan atribut yang harus diukur.

Untuk mengukur sesuatu, kita mesti mengetahui apa saja entitas yang akan diukur dan harus memiliki banyak kemungkinan atribut (property) apa saja yang terdapat dalam suatu entitas tersebut, agar dapat dirumuskan dengan tepat dalam bentuk angka-angka.

Pengukuran dapat dikelompokkan ke dalam dua kategori besar, yaitu :

1. Pengukuran yang diminta oleh sebuah user sistem.
Semua pengukuran yang berfokus pada pemanfaatan sumberdaya sistem yang dilaksanakan untuk mengevaluasi kinerjanya, mengontrol pemanfaatannya dan merencanakan tambahan sumberdaya baru.
2. Pengukuran yang diisyaratkan oleh sistem itu sendiri.
Ukuran yang digunakan oleh sistem tersebut untuk mengatur dirinya sendiri, agar dapat membuat sistem tersebut beradaptasi secara dinamis ke dalam faktor-faktor yang mengkondisikan aktivitasnya (terutama beban kerja/workload)

Hasil pengukuran tersebut akan memberikan kesempatan kepada sistem untuk mempertahankan suatu tingkat kinerja eksternal yang memadai (contohnya tinjauan periodik tentang prioritas program berdasarkan pemanfaatan program CPU, analisis penggunaan page terbanyak yang dapat dilakukan)

Susun!



3. DETEKSI KEJADIAN

Even Perangkat Lunak (Software Event)

Ketika sebuah even (kejadian) diasosiasikan dengan sebuah fungsi program, dapat dikatakan bahwa sistem tersebut berkolerasi dengan perangkat lunak (software event). Kejadian jenis ini terjadi saat suatu program mencapai tingkat eksekusi tertentu (misalnya ketika operasi I/O dimulai).

Prinsip deteksi even perangkat lunak adalah dengan melakukan pemasangan kode-kode khusus (seperti kode jebakan, kode pancingan) dalam tempat-tempat spesifik pada sistem operasi.

Even Perangkat Keras (Hardware Event)

Ketika sebuah even (kejadian) diasosiasikan dengan perangkat keras (hardware event), deteksi dilakukan berdasarkan penampakan suatu sinyal tertentu dalam sirkuit-sirkuit sebuah komponen sistem. Banyak even perangkat keras dapat dikenali melalui perangkat lunak, karena even-even tersebut disertai dengan sejumlah modifikasi lokasi memori yang merupakan even perangkat lunak.

Sistem Relasional

Proses pengukuran adalah proses untuk mengasosiasikan simbol dengan suatu obyek berdasarkan properti obyek tersebut. Asosiasi tersebut harus dapat dinyatakan sebagai suatu pemetaan hubungan empiris terhadap hubungan formal.

Sistem relasional (Roberts, 1979) dapat direpresentasikan dengan tuple :

$$S = (A, R_1, \dots, R_m)$$

dimana A adalah obyek yang tidak kosong dan R_i adalah relasi pada A . Untuk beberapa kasus S dapat saja tidak terdefiniskan dengan baik.

Sistem Relasi Empiris

$$A = (A, R_1, \dots, R_n, O_1, \dots, O_m)$$

Dalam **sistem relasi empiris**, A adalah obyek tidak kosong dari sistem yang akan diukur. R_i adalah ki -ary dalam relasi empiris pada A dengan $i = 1, \dots, n$. Sebagai contoh, relasi empiris "sama dengan" or "lebih kompleks dari". $O_j, j = 1, \dots, m$ adalah operasi biner pada obyek empiris A yang akan diukur.

Kita mengasumsikan untuk sistem relasional empiris A haruslah dapat menentukan interpretasi empiris untuk elemen A dan untuk setiap relasi S_i dari

Susun!



A. Kita juga mengasumsikan sama untuk operasi biner. Sistem relasi empiris mendeskripsikan bagian dari kenyataan yang dibawa dalam proses pengukuran (melalui set terhadap obyek A) dan pengetahuan empiris pada atribut obyek yang akan kita ukur (melalui pengumpulan relasi empiris R_i). Tergantung pada atribut yang akan kita ukur kita dapat menggunakan relasi yang berbeda.

Operasi biner dapat menunjukkan kasus pada obyek yang dioperasikan secara ternary. Ini sangat penting pada setiap sistem empiris yang tidak mengandung eferensi untuk mengukur atau pun angka tertentu. Hanya bentuk "kualitatif" yang ditegaskan untuk mendasari pemahaman terhadap atribut yang kita pilih (Brian, 1996) . Statemen ini dapat ditranslasikan ke dalam relasi formal yang dijelaskan di bawah ini.

Formal Relational System.

$$B = (B, S_1, \dots, S_n, P_1, \dots, P_m)$$

Dalam **formal relational system**, B adalah obyek formal yang diset dengan himpunan tidak kosong, sebagai contoh angka vektor, $S_i, i = 1, \dots, m$, adalah relasi ki-ary pada B serupa dengan "lebih besar sama dengan " or "sama dengan" or "lebih besar". $P_k, k = 1, \dots, m$, sangat dekat dengan operasi biner pada B yang dikenai operasi penambahan dan perkalian.

Formal relational sistem mendeskripsikan (melalui set B) domain dari pengukuran untuk mempelajari atribut dari suatu obyek. Misalnya, pada sistem ini bisa berupa integer, real, vector dari integer, dan sebagainya. Formal relational sistem juga mendeskripsikan (melalui pengumpulan relasi S_i) relasi yang menarik di antara bagian-bagian yang diukur tersebut.

Hubungan antara relasi empiris sistem disusun berdasarkan pengukuran seperti di bawah ini :

Mengukur μ adalah memetakan (Zuse, 1990)

$$\mu : A \rightarrow B$$

kemudian yang demikian itu diikuti dengan penggabungan semua $i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m$ untuk semua $a, b, a_{1i}, \dots, a_{ki}$ elemen A ; It yields for every empirical object element A a formal object (measurement value) $\mu(a)$ element B .

$$R_i(a_1, \dots, a_{ki}) \Leftrightarrow S_i(\mu(a_1), \dots, \mu(a_{ki}))$$

Susun!



dan

$$\mu(a \text{ O}_j b) = \mu(a) F_j \mu(b)$$

maka tripple(A, B, μ) disebut **skala**

Kuantitas

Nilai Kuantitas (Value of quantity (VIM))

Besaran kuantitas suatu bagian yang terdapat pada unit pengukuran yang dijabarkan dalam angka.

Proses untuk mendefinisikan kuantitas, unit dan skala tertentu. Salah satu level untuk mempertimbangkan suatu pengukuran. Deskripsi nilai yang diukur belum valid tanpa menspesifikasikan kuantitas yang diukur tersebut.

Nilai Hasil ukuran (Measured value (MV))

Numerik yang dihasilkan dari aplikasi yang menggunakan metode pengukuran tertentu untuk melakukan pengukuran obyek dalam kuantitas tertentu.

Salah satu karakteristik nilai hasil pengukuran adalah **traceability**. Ini berarti bahwa *properti hasil pengukuran atau nilai standar yang dapat dibandingkan dengan standar referensi nasional maupun internasional didapat dengan melalui perbandingan yang berkesinambungan yang dapat dilakukan.*

Definisi traceability membutuhkan evaluasi pada suatu ketidakpastian. Untuk pengukuran pada Teknologi informasi, ketidakpastian sangat sulit untuk didefinisikan karena terlalu sedikit kuantitasnya. Metode statistik tidak dapat begitu saja mengaplikasikannya.

Jadi, pada prinsipnya Kuantitas akan menunjuk ke "*atribut dari suatu fenomena, tubuh atau isi yang dapat dibedakan secara jumlah tertentu*". Oleh karena itu kuantitas membutuhkan spesifikasi, properti yang jelas berbeda untuk diukur.

Metrologi

Ilmu yang mempelajari tentang pengukuran dan termasuk di dalamnya semua aspek, teori dan praktek pada lingkup keilmuan maupun teknologi

Susun!



Dalam bidang teknologi informasi, siapa saja dapat didefinisikan dan menetapkan bit-bit informasi tanpa melakukan pengukuran terhadap devais tersebut. Tidak ada definisi yang tepat. Pencarian literatur tentang metrik IT dan peproses pengukuran menghasilkan beberapa ratus ribuan entri, semuanya berbicara tentang metrik yang meliputi kualitas, ukuran, kompleksitas atau kinerja dan mekanisme pemilihan, namun amat sedikit yang berdiskusi soal dasar-dasar fundamental dalam pengukuran.

Representasi Teori Pengukuran

Pengukuran disebut valid jika dapat mencapai kondisi dapat direpresentasikan . Kalau hal itu ditangkap dalam dunia matematik, perilakunya harus dapat dirasakan dalam dunia empiris. Untuk pengukuran yang berkarakteristik atribut yang valid, semua hubungan empiris harus dinyatakan dalam sistem relasi numerik. Atau dengan kata lain pengukuran harus homogen dalam satu bentuk tertentu. *Kondisi representasi* data harus dapat menghubungkan antara relasi empiris dengan relasi numerik dalam dua arah (Fenton, 1994).

Pernyataan yang dihasilkan dari suatu pengukuran akan berarti jika kebenaran atau ketidakbenaran tidak berubah dalam transformasi yang diizinkan. *Admissible transformation* ini adalah transformasi dari suatu bentuk representasi yang valid ke representasi valid yang lain.

Pengukuran langsung pada atribut yang dimiliki biasanya dilakukan dengan memahami atribut tersebut secara intuitif (Fenton, 1994). Pemahaman ini membawa kita dalam mengidentifikasi relasi empiris antara entitas yang ada. Himpunan entitas C , secara bersama dengan himpunan relasi entitas R , sering disebut *sistem relasi empiris* (C, R) untuk atribut. Seperti atribut “lebar” orang-orang akan memberikan relasi empiris seperti “sama tinggi dengan”, “lebih tinggi dari”, “jauh lebih tinggi”

Harus pula kita perhatikan pemahaman intuitif untuk atribut Q pada obyek untuk mengukur secara lanjut tugas-tugas numerik yang diberikan kepadanya. Pemahaman intuitif ini mencari karakteristik pada relasi empiris R melalui himpunan C dari obyek yang terukur tersebut. (model formal obyek). Himpunan C dan R diketahui sebagai sistem relasi empiris untuk atribut Q . (Fenton, 1992)

Teori Representasi

Jumlah pekerjaan yang terdapat pada proses pengukuran harus dapat menunjukkan hasil observasi relasi empiris dengan baik. Harus dalam bentuk pemetaan homomorfik atau isomorfik dari bentuk empiris untuk memilih sistem numerik. Akan tetapi, teroema ini kurang begitu berguna dalam suatu

Susun!



latihan prakiraan, sejak empiris sistem tersebut menjadi tidak terbatas dan tidak dapat dibuat dalam numerik. Setiap sistem empiris harus selalu mendapatkan sistem numerik untuk dapat melayani pengukuran tersebut.

Teori Unik

Pengukuran adalah unik untuk setiap level transformasi. Teori ini dapat dibuktikan dengan melihat bentuk pembuktian formal terhadap semua relasi numerik yang ekuivalen kepada semua relasi empiris untuk semua bentuk pemetaan yang diizinkan dari sistem empiris dalam numerik atau sistem pengukuran.

Kondisi Representasi

Untuk mengukur suatu atribut, yang dikarakteristikan oleh sistem relasi empiris (C, R) membutuhkan pemetaan M untuk berubah menjadi sistem relasi numerik (N, P) . Khususnya, pemetaan M entitis dalam C ke angka (atau simbol) dalam N , dan kemudian relasi empiris dalam R dipetakan ke relasi numerik dalam P , dengan cara inilah semua relasi empiris dapat dipertahankan. Metode yang disebut *kondisi representasi*, dan pemetaan M disebut *representasi*. Kondisi representasi menegaskan korespondensi antara relasi numerik dan relasi empiris dalam dua cara. Misalnya, sebagai contoh relasi biner $<$ akan dipetakan oleh M ke relasi numerik $<$. Lalu secara formal kita memiliki :

Kondisi Representasi : $x < y \Leftrightarrow M(x) < M(y)$

Kemudian seandainya C adalah himpunan orang dan R memiliki relasi "lebih tinggi dari". Pengukuran M dari tinggi akan memetakan C dalam suatu himpunan bilangan real R dan "lebih tinggi dari" ke relasi $>$. Representasi akan menegaskan A lebih tinggi dari B , jika $M(A) > M(B)$.

Setiap obyek yang dipetakan dalam nilai B , misalnya, akan diukur dalam pengukuran $m(a)$. Setiap relasi empiris R_i dipetakan dalam relasi formal S_i . Sebagai contoh, relasi "lebih kompleks dari", antara dua program dipetakan ke dalam relasi " $>$ " di antara pengukuran kompleksitas yang dilakukan untuk dua macam program. Relasi formal harus dapat mempertahankan arti pernyataan empiris. Sebagai contoh lagi andai R_1 adalah relasi empiris "lebih kompleks dari", S_1 adalah relasi formal dari " $>$ ", dan m adalah pengukuran kompleksitas. Maka kita perlu menyatakan program P_1 lebih kompleks dari program P_2 jika dan hanya jika $m(P_1) > m(P_2)$

Dengan konteks di atas, konsep properti dapat dilihat sebagai suatu karakteristik properti, untuk setiap konsep pengukuran (seperti rumpun pengukuran), sistem relasi formal. Properti ini mempertahankan korespondensi sistem relasi empiris ketika sistem relasi formal diperoleh.

Susun!



Tetapi, himpunan properti dari konsep tersebut tidak sepenuhnya mengkarakterisikkan sistem relasi formal. Untuk aplikasi pengukuran tertentu, beberapa properti akan spesifik bekerja dalam lingkungan dan model (yang ditangkap dari sstem relasi empiris).

Skala dan Transformasi

Skala pengukuran dapat kita nyatakan sebagai suatu aturan tertentu dalam pengukuran untuk memudahkan pengambilan nilai.

Teori pengukuran sebagai prinsip dasar memiliki banyak jenis skala pengukuran, seperti nominal, ordinal, interval, rasional dan setiap pengambilan informasi akan menjadi bagian yang paling dahulu diperhatikan. Skala nominal meletakkan item dalam kategori tertentu. Skala ordinal memilih tingkatan-tingkatan item dalam antrian.

Interval dari skala didefinisikan sebagai jarak antara satu poin ke poin lainnya, yang harus sama. Untuk skala ordinal properti ini tidak tersedia, begitu juga untuk perhitungan mean-nya. Jadi, pada dasarnya tidak ada poin absolut dalam skala interval ini.

Skala harus berisi banyak informasi dan fleksibel dalam skala rasio seperti derajat nol mutlak, rasio pemeliharaan dan mengizinkan analisis dari pengalaman yang ada.

Kategori Skala :

- Simbol (nominal data)
- Numerik (ordinal, interval, dan ratio absolute)

Petimbangkan sistem relasional empiris :

$$S = (\{P1, P2, P3\} \gg)$$

Terdiri dari himpunan program {P1, P2, P3} dan relasi >> (*lebih besar dari*). Lalu jika P1 >>P2 dan P2 >>P3, skala akan memetakan P1 ke nilai yang lebih besar dari nilai pada pemetaan P2 dan memetakan P2 ke nilai yang lebih besar dari nilai pemetaan P3. Maka :

Pemetaan Skala :

$$\{(\forall i, \forall j) \mu(P_i) > \mu(P_j) \Leftrightarrow P_i \gg P_j\}$$

Statemen yang menyangkut pengukuran menyatakan : akan lebih berarti jika kebenaran tidak berubah ketika suatu skala diterapkan untuk

Susun!



menggantikannya. Ini yang disebut dengan **transformasi yang dapat diterima**. Jadi tipe skala pengukuran yang didefinisikan dalam operasi matematis harus memiliki arti yang jelas dari data pengukuran.. Setiap pengukuran dapat ditransformasikan ke skala lain dengan pemetaan satu per satu. Ini membuat pengukuran lain :

Tipe Skala	Kecenderungan	Penyebaran	Outliers	operasi
Nominal	Mode	Jumlah kelas		=, ne
Ordinal	Median, Mode	Range	Percentasi	<>
Interval	Mean, Median	Standar Deviasi	Standar Deviasi	= -
Rasio	Mean Median	Standar Deviasi, Skewness, Kurtosis	Standar Deviasi	:

Defenisi dari transformasi yang dapat diterima

Berikan (A, B, μ) sebagai skala. Pemetaan :

$$g : A \rightarrow A$$

adalah transformasi yang dapat diterima, jika (A, B, g, μ) juga skala.

Skala Nominal (skala paling rendah).

Skala ini digunakan untuk fitur yang bersifat kualitatif. Skala ini menunjukkan kesamaan atau ketidaksamaan. Ini memungkinkan untuk menentukan suatu obyek masuk ke kelas yang mana Contoh : nomor registrasi.

Skala ini tidak menangkap setiap konsep yang dapat dihasilkan dari atribut, hanya entitas yang diklasifikasikan saja. Transformasi yang diizinkan adalah transformasi **one to one**. Contoh : Mengukur tinggi hanya menangkap orang yang memiliki tinggi yang sama, pemetaan yang dilakukan hanya termasuk atau tidak termasuk, sering disebut metode *kategori*. Transformasi yang diizinkan :

$$\mu^i = f(\mu^j)$$

dimana f adalah sebuah fungsi one to one.

Skala Ordinal

Skala ini tidak menangkap setiap konsep yang dapat mempengaruhi atribut, hanya meletakkan atribut tersebut dalam perintah kuantitas atribut. Contoh : pengukuran tinggi akan menangkap relasi “lebih tinggi dari”. Fitur

Susun!



lainnya dalam skala ini adalah seperti : 'lebih besar dari', 'lebih kecil dari', 'sama dengan'. Skala Ordinal mengizinkan pembuatan median dan sistem rangking pada koefisien yang berhubungan. Contoh : rangking pada pembagian rapor di sekolah, klasifikasi kapasitas penggunaan mesin.

Transformasi yang diizinkan untuk pengukuran nominal adalah fungsi *monotonic increasing*. Ini akan menjaga hubungan berdasarkan rangking pada masing-masing obyek. Ini sering disebut pula sebagai *ordered categories*. Tidak ada konsep jarak antara masing-masing obyek. Transformasi yang diizinkan :

$$\mu' = f(\mu)$$

f adalah fungsi *monotonically increasing*. Skala ini memerlukan kombinasi *adjacent classes*

Skala Interval

Skala ini memberikan setiap transformasi linier yang positif. Jadi tidak hanya menentukan rangking tapi juga perbedaan antara interval obyek tersebut. Proses aritmatik mean dan standar deviasi dapat dihitung secara pasti. Contoh : skala temperatur pada Fahrenheit, Celsius, Reamur.

Skala ini menggunakan *unit pengukuran* namun tidak memiliki nol derajat mutlak. Sistem ini menangkap tidak hanya setiap konsep yang dapat mempengaruhi atribut, tapi juga dugaan jarak antara entitas yang mempengaruhi atribut tersebut. Contoh : Tahun ini pengukuran temperatur dalam skala 100 derajat dan Fahrenheit.

Tidak hanya relasi yang diminta tapi juga jarak antara obyek yang didapatkan dari unit yang ekuivalen

Transformasi yang diizinkan :

$$\mu' = a\mu + b, \quad a > 0.$$

Skala Rasio (Skala yang harus diketahui dengan baik)

Skala ini mengizinkan transformasi untuk setiap fungsi yang sama ($f' = u.f, u \text{ real}, u > 0$). Unit yang berarti, harus digunakan dalam skala dan dalam nilai absolut atau nilai nol mutlak yang memungkinkan. Operasi yang diizinkan dalam skala ini adalah termasuk hasil bagi, perhitungan presentasi, nilai mean dan standar deviasi. Contoh : panjang, massa, waktu, sudut, volume, temperatur dalam kelvin dan harga.

Susun!



Skala ini hampir sama dengan skala interval, namun memiliki derajat nol mutlak. Disebut skala rasio karena keberadaan nol membuat berarti mengambil berdasarkan rasio. Contoh : panjang dalam sentimeter. 0 cm berarti tidak ada panjang dan dalam saat yang sama cm adalah unit yang sah. Ini akan membentuk karakteristik proporsional seperti dua adalah banyak atau setengah itu banyak.

Transformasi yang diizinkan :

$$\mu' = a \mu, \quad a > 0$$

Skala Absolut (Skala paling baik).

Pengukuran mutlak akan menghitung jumlah yang terjadi pada atribut yang diukur. Pengukuran absolut pada suatu atribut itu unik, misalnya hanya transformasi yang diizinkan saja yang merupakan **fungsi identitas**. Skala absolut digunakan untuk transformasi untuk setiap fungsi identitas ($f' = f$). Tipe skala ini merepresentasikan semua skala yang samar atau tidak tegas. Karena hanya transformasi identitas saja yang diperbolehkan, semua tetap tidak berbeda. Contoh frekuensi dan probabilitas.

Skala real jika diklasifikasikan pada transformasi yang dapat diterima :

Nama skala	Transformasi g
Nominal	Setiap one to one g
Ordinal	g: Strictly increasing function
Interval	$g(x) = a x + b; a > 0$
Ratio	$g(x) = a x; a > 0$
Absolute	$g(x) = a$

Aplikasi teknik statistik dalam pengukuran skala sangatlah penting. Mengukur kecenderungan utama dan penyebarannya dapat dibuat dalam skala dengan menyediakan proses transformasi. Kita dapat menggunakan mode dan dsitribusi frekuensi untuk menganalisa data nominal yang dideskripsikan namun kita tidak dapat menggunakan nilai mean dan deviasi standar. Dengan skala ordinal, urutan data yang diukur kita dapat menggunakan kategori tertentu seperti median, maksimum, dan minimum analisis. Tapi untuk data dalam bentuk interval atau rasio tertentu, kita menggunakan mean, deviasi standar dan deviations dan mode statistik lainnya (Briand and Basili, 1996).

Susun!



Skala dan Struktur grup Matematik :

Skala	Operasi dasar Empiris	Struktur grup matematis
Nominal	=	Grup permutasi $M'=f(M)$
Ordinal	=, <, >	Grup Isotonik $M'=f(M)$ dimana $f(M)$ adalah fungsi <i>monotonic increasing</i> .
Interval	=, <, >, equalitas interval	General linear group $M'= aM + b, a > 0$
Ratio	=, <, >, equalitas interval dan rasio	Similarity group $M'=aM, a > 0$
Absolute		

Kesederhanaan (banyaknya upaya yang dibutuhkan untuk mendefinisikan metrik, pengumpulan data dan validasi model):

$$\text{Nominal} < \text{Ordinal} < \text{Interval} < \text{Ratio}$$

4. PROSES PENGUKURAN

Adalah Suatu fungsi informasi yang dapat diperoleh melalui monitor dan biaya pengukuran.

Kegunaan pengukuran

1. Menaksir (assessment)
2. Memprediksi (prediction)

Tipe pengukuran

- **Pengukuran langsung (direct measurement)** dari atribut tidak tergantung pda atribut lainnya, contoh : pengukuran panjang, lebar.
- **Pengukuran tidak langsung (Indirect measurement)** pengukuran satu atau lebih atribut, mengukur reabilitas.
- **Pengukuran Proxy** percobaan pengukuran properti dari suatu obyek secara tidak langsung menggunakan properti lainnya yang lebih mudah didapatkan. Memerlukan pendekatan prediksi dari properti real. Pengukuran Proxy harus dapat mendemonstrasikan : reliabilitas dan validitas (Harrison, 1994)

Kriteria Pengukuran

- *Obyektif*. Pengukuran dilakukan lewat pendekatan yang obyektif, tidak subyektif menggunakan semua tester yang mungkin dilakukan.
- *Reliabilitas*. Pengukuran realibel (stabil dan presisi) jika dalam pengulangan yang dilakukan dalam kondisi yang sama, juga didapatkan hasil yang sama.

Susun!



- *Validitas*, pengukuran valid jika hasil pengukuran memenuhi karakteristik kualitas.
- *Normalisasi*. Normalisasi diperlukan untuk dapat memiliki skala hasil pengukuran dapat direpresentasikan dengan mudah. Ini berhubungan dengan skalabilitas.
- *Mudah dibandingkan*. Pengukuran mudah dibandingkan ketika diatur suatu relasi ke pengukuran lainnya.
- *Economis*. Pengukuran harus memiliki biaya yang rendah. Tergantung pada derajat otomatisasi dan nilai pengukuran, yang biasanya digunakan untuk pemilihan penggunaan perangkat bantu jenis tertentu.
- *Berguna*. Mudah dibuktikan dengan validitas, dan amat berguna dalam evaluasi kualitas

Susun!



Analisis untuk mencapai tujuan evaluasi kinerja

1. Analisis makroskopis
Analisis untuk menentukan indeks global seperti massa median, waktu respon median, pemanfaatan device peripheral dan sebagainya.
2. Analisis mikroskopis
Analisis dengan detail yang lebih tinggi, seperti menentukan peningkatan kontribusi setiap jenis instruksi bagi penggunaan CPU, menganalisis jumlah page yang dimasukkan selama waktu yang tersedia.

Faktor yang membedakan dua jenis analisis ini adalah durasi fenomena yang diamati dan frekuensi kejadian saat itu.

Tingkat pengujian dalam proses implementasi suatu sistem

- Pengujian bagian (modul) ; pengujian pada level modul.
- Pengujian integrasi ; pengujian pengelompokan logis dari modul-modul tersebut.
- Pengujian Sistem ; pengujian keseluruhan sistem baru dengan mengikutsertakan pemakai sistem.
- Pengujian penerimaan ; pengujian khusus oleh pemakai sistem semua komponen perancangan, termasuk manual, dokumentasi dan metode sosialisasi.
- Pengujian operasi dan lingkungan ; pengujian saat pengoperasian sistem baru dilakukan pada lingkungan yang sesungguhnya.

Properti Pengukuran

Axiomatika yang harus selalu ada agar pengukuran dapat berguna :

- Harus memungkinkan untuk dideskripsikan, walau tidak formal, aturannya menentukan. Ada mekanisme yang mengurangi kesalahan dan pengukuran pada obyek atau proses yang sama harus diletakkan pada kelas yang sama.
- Pengukuran harus dapat membuat paling tidak dua kelas yang ekuivalen.
- Relasi yang sama dibutuhkan.
- Jika terdapat jumlah nilai yang tidak terbatas dari obyek atau even telah diukur, bisa jadi dua atau lebih even tersambung pada kelas ekuivalen yang sama, karena itu kita dapat mengukur jumlah yang tidak terbatas dari obyek.
- Metrik harusnya tidak menghasilkan suatu ketidaknormalan, metrik harus dapat menjaga suatu obyek tetap sama dengan sifat empirisnya.
- Teorema yang unik harus dapat mempertahankan semua kemungkinan transformasi pada semua tipe skala. Maka hanya ada satu bentuk antara perubahan dalam struktur pengukuran.

Kegunaan Pengukuran

Secara dasar pengukuran digunakan untuk :

- *Penilaian Keadaan (menaksir)*
- *Memprediksi*, tentang atribut yang belum terjadi.

Reliabilitas Pengukuran :

- akurasi
- dapat diulang

Faktor reabilitas adalah :

- Konsistensi internal, semua elemen pengukuran harus ditaksir dalam konstruksi yang sama dan tidak saling berhubungan.
- stabilitas, nilai yang ekuivalen harus didapatkan pada koleksi yang diulang dari data dalam lingkup yang sama.

Susun!



Contoh hasil pengukuran

	ISP	Users	Vendors
Tujuan	<ul style="list-style-type: none"> - Perencanaan kapasitas - operasi - Servis pertambahan nilai (contoh : laporan pelanggan) - usage-base billing 	<ul style="list-style-type: none"> - monitor kinerja - rencana upgrade - negosiasi Kontrak servic - set harapan user - optimalisasi Pengiriman isi - Kebijakan dalam menggunakan 	<ul style="list-style-type: none"> - Meningkatkan desain / konfigurasi - implemementasi diagnosis secara real-time atau debugging dalam penyebaran perangkat keras
Pengukuran	<ul style="list-style-type: none"> - bandwidth utilization - packet per second - round trip time (RTT) - RTT variances - packet loss - reachability - circuit performance - routing diagnosis 	<ul style="list-style-type: none"> - bandwidth availiblitas - response time - packet loss - reachability - connection rates - service qualities - host performance 	<ul style="list-style-type: none"> - trace sampel - analisi log



Metode Pengukuran dapat ditemukan pada Mata kuliah Instrumentasi

5. PENGUKURAN DAN METRIK

Metrik merupakan karakteristik numerik atribut sederhana seperti panjang, banyak keputusan, banyak operator (untuk program) atau banyak bug yang ditemukan dan waktu (untuk proses)

Susun!



Mengukur adalah salah satu fungsi metrik yang dapat digunakan untuk menaksir atau memprediksi atribut yang lebih kompleks seperti biaya dan kualitas. Pengukuran tidak selalu nilai yang real. Defenisi dari *pemetaan numerik* tidak hanya diterapkan dalam pengukuran. Setiap pengukuran adalah metrik tapi tidak berlaku sebaliknya. (Harrison, 1994). Oleh karena itu kita harus mengetahui apa yang kita ukur sebelum membuat pemetaan numerik tersebut. (Fenton, 1994).

Metrik adalah fungsi m , mendefinisikan pasang obyek x,y yang di antara keduanya memiliki jarak pengukuran $m(x, y)$. Properti Metrik antara lain (Fenton, 1994) :

1. $m(x, y) = 0$, untuk semua x ,
2. $m(x, y) = m(y, x)$ for all x, y dan
3. $m(x, z) = m(x,y) + m(y,z)$ untuk semua x, y, z .

Tipe metrik (Bieman et al., 1991):

- *Metrik internal software* : mengukur karakteristik statik atau atribut dari dokumen perangkat lunak.
- *Metrik external software* : mengukur karakteristik atau atribut secara simultan antara atribut dari dokumen perangkat lunak dan apa saja yang berada di luar dokumen tersebut.
- *Metrik prediktif software* : mengestimasi karakteristik atau atribut dari dokumen perangkat lunak yang tidak aktif atau karena alasan tertentu menjadi tidak tersedia pada saat dilakukan pengukuran.

Metrik digunakan sebagai (Daskalantonakis, 1992):

- Proses metrik
- Produk metrik
- Proyek metrik

Metrik :

- Token based metrik
- Control-Flow metrik
- Data-flow metrik
- Macro metrik
- Problem metrik

Langkah-langkah membuat software metrik :

- Spesifikasikan domain untuk metrik
- Spesifikasikan atribut dokumen yang akan diukur oleh metrik

Susun!



- Spesifikasikan model untuk dokumen software. Modelnya harus mewakili atribut obyek. Dengan kata lain dapat menyatakan abstraksi atribut tersebut.
- Definisikan pemetaan dokumen untuk diset pada model.
- Definisikan order untuk di set pada model tersebut.
- Definisikan jawaban untuk order yang didefinisikan tersebut.
- Definisikan fungsi dari setting model untuk menjawab order tadi. Fungsi ini harus bisa memelihara order tersebut.

Metrik Yang berdayaguna, adalah metrik yang :

- **Mudah dimengerti dan didefinisi**, dalam memfasilitasi kalkulasi dan analisis nilai metrik yang konsisten.
- **obyektif** (Mungkin dilakukan) dalam mengurangi pengaruh dari perkiraan personal dalam mengkalkulasi dan menganalisis nilai metrik.
- **Biaya yang efektif** dalam mendapatkan roi(return on investment) yang positif. Nilai informasi yang dihasilkan harus melampaui biaya untuk mengumpulkan data, mengkalkulasi metrik dan analisa nilai tersebut.
- **informatif** dalam memastikan perubahan nilai metrik memiliki interpretasi yang benar (misalnya dalam mengestimasi meningkatnya akurasi suatu proyek, amat berimplikasi terhadap teknik estimasi yang digunakan).

Proses Mengukur :

- Definisi tujuan pengukuran
- Pembuat tugas pengukuran berdasarkan tujuan pengukuran.
- Menentukan obyek pengukuran.
- Tentukan metrik pengukuran dan skala pengukuran
- Alokasi metode pengukuran dan alatbantu pengukuran untuk mengukur obyek dan metrik.
- Menemukan nilai pengukuran.
- Interpretasi metrik.

Dalam orientasi tujuan pengukuran, identifikasi tujuan pengukuran dan karakteristik penting yang akan diukur haruslah ada sebelum mendefinisikan metrik. Ini tidak hanya dibutuhkan untuk definisi metrik, tapi juga sebagai bahan untuk membuat interpretasi nilai yang akan diukur tersebut.

Validasi Metrik.

Validasi perangkat lunak metrik adalah proses memastikan metrik dalam karakteristik numerik yang tepat dari atribut yang dimaksud.

Susun!



Proses validasi metrik membutuhkan metode ilmiah – yaitu dengan hipotesa yang membentuk pengumpulan data yang benar, dan percobaan hipotesis tersebut. (Fenton, 1991).

- o **Validasi Content (isi)**, dibutuhkan dalam definisi domain, untuk mencatat fenomena yang terdapat pada kompleksnya perangkat lunak tersebut.
- o **Validasi Prediksi**, menggunakan pengukuran untuk memprediksi keluaran dari beberapa even. Validasi ini dihasilkan oleh hubungan antara pengukuran dan kriterianya.
- o **Validasi konstruksi**, melihat sedekat apa hubungan antara pendefinisian operasi pada data dengan pembuatan konstruksi abstraknya.

6. TEORI SAMPLING

Metode sampling merupakan sebuah teknik statistik yang bisa digunakan kapan saja untuk melakukan pengukuran semua data yang merupakan karakteristik sekelompok orang, obyek atau pun even-even yang tidaklah mungkin untuk diambil secara keseluruhan karan tidak praktis atau terlalu mahal.

Walau pun menguji sekelompok populasi, metode ini hanya menganalisis sebagian saja, yang disebut sample. Melalui sample tersebut dapat dilakukan perkiraan dari sejumlah parameter yang merupakan karakteristik populasi.

Sampling dapat digunakan untuk 2 tujuan :

1. Untuk mengukur pecahan dari interval waktu masing-masing sistem yang tersedia yang dihabiskan dalam berbagai keadaan. Data yang dikumpulkan selama interval pengukuran adalah bagian dari analisis posteriori untuk menentukan apa saja yang terjadi selama masa interval dan bagaimana perbedaan jenis aktivitas itu berhubungan satu sama lain.
2. Untuk mengikuti evolusi sistem dan memprediksi kejadian masa depannya sehingga keputusan yang memiliki pengaruh positif pada kinerjanya dapat terjadi.



Metode Statistik Sampling dapat ditemukan pada Mata kuliah Statistika 2

Susun!



7. SIMULASI

Simulasi adalah teknik pengukuran yang melakukan pengukuran sebuah model yang identik dalam skala yang lebih kecil dari suatu sistem. Model simulasi merepresentasikan kinerja dinamis dari suatu sistem dengan mereproduksi keadaannya dan mengikuti transisi situasi tersebut yang disebabkan oleh urutan stimulan eksternal yang sesuai.

Kerugian utama teknik pemodelan ini adalah sulitnya membangun model agar hasil yang diperoleh tetap akurat. Terdapatnya sumber kesalahan (error) dalam pengukuran langsung dalam simulasi kasus yang menyiratkan perbedaan yang tidak bisa dihindari antara kinerja model dan kinerja sistem itu tersendiri.

Terdapat 2 jenis simulator :

- Simulator komersial
Untuk menjalankan simulator komersial yang dikembangkan dan didistribusikan oleh perusahaan tertentu, dengan memberikan deskripsi sistem dan beban kerja yang sudah ditentukan sebelumnya.
- Simulator spesifik
Berupa program yang dibuat untuk studi evaluasi kinerja yang harus dapat beradaptasi pada sistem dengan konfigurasi serta aplikasi yang spesifik.

Model Simulasi Kinerja

Secara konsep, model simulasi dari dunia nyata adalah suatu program komputer. Simulasi akan mengizinkan suatu sistem dibuat modelnya pada setiap level detail : dari translasi langsung model antrian jaringan untuk menangkap setiap aspek dari perilaku sistem. Simulasi juga mendukung koleksi metrik kinerja yang dapat didefinisikan dan dapat diprogram.

Arsitektur Simulasi

Simulasi sistem komputer yang ditulis untuk keperluan semua analisis kinerja secara umum disebut simulasi even-diskrit. Dalam simulasi even-diskrit ini, dibentuk kuantitas yang merepresentasikan waktu, dan state sistem hanya berubah jika suatu even terjadi. Dengan perbandingan, model simulasi waktu-kontinyu dianggap sebagai kemajuan yang berlanjut

Simulasi even-diskrit sistem komputer lebih lanjut dikategorikan sebagai kendali-even (*event-driven*) atau basis-siklus (*cycle-based*). Aktivitas model simulasi kendali-even sebagai even yang merangkai even asinkron yang terjadi pada interval yang tidak biasa. Sebagai contoh, simulasi file server pada suatu jaringan akan melampirkan even seperti kedatangan paket

Susun!



ethernet atau even penyelesaian tugas penulisan pada disk. Simulasi kendali-even dapat menghasilkan model dengan variasi yang luas untuk semua sistem.. pada simulasi basis-siklus, semua perubahan pada state sistem adalah sinkron pada clock tunggal. Simulasi pada dasarnya suatu mesin state besar yang mengubah state pada setiap waktu tertentu. Simulasi basis-siklus biasanya menggunakan model prosesor inti atau logika digital lainnya dengan clock frekuensi tunggal. Dengan memperhatikan dua pendekatan di atas, kita dapat mengkombinasikannya dalam suatu simulasi dimana di dalamnya setiap perubahan clock dianggap sebagai even simulasi.

Simulasi Workload

Terdapat tiga teknik dasar untuk membuat workload untuk simulasi : stochastic, kendali-trace, atau berbasis-eksekusi (execution-based). Simulasi Stochastic menggambarkan pola kedatangan job dan aspek lainnya dari workload dengan suatu sampel dari distribusi probabilitas. Banyak jenis workload yang dapat digambarkan secara akurat dengan menggunakan distribusi yang tepat. Workload Stochastic merupakan pilihan yang baik ketika informasi detail tentang workload tidak tersedia, atau ketika kita membutuhkan untuk mengubah karakteristik workload. Workload sangat efisien dan tidak membutuhkan file data yang besar.

Simulasi kendali-trace (Trace-driven) merepresentasikan workload sebagai suatu urutan operasi atau permintaan layanan (request). Untuk simulasi web server, urutan permintaan HTTP (HTTP request) merupakan suatu trace yang memadai, sedangkan simulasi CPU next-generation x86 dapat menggunakan trace pada micro-operasi-nya. Jika data trace secara akurat merepresentasikan semua workload yang ada, akan mendapatkan hasil simulasi yang baik, saat dapat menghindari kebutuhan menulis kode simulasi ke dalam model workload. Kekurangan menggunakan trace adalah bahwa koleksi hasil trace tersebut merupakan aktivitas yang tidak sederhana dan file datanya pasti akan sangat besar.

Simulasi stochastic dan kendali-trace dapat ditulis dalam banyak level detail. Metode simulasi yang ketiga, simulasi berbasis-eksekusi digunakan untuk membuat detail model prosesor. Input pada simulasi ini kode ksekusi yang sama seperti pada sistem real. Meskipun metode ini membutuhkan penulisan dan validasi simulasi detail, teteap saja berpengaruh pada kompiler yang digunakan dan membuka kesempatan variasi workload yang amat luas yang dapat dijadikan model.

Prinsip menggunakan simulasi adalah adanya kebutuhan kegiatan menulis dan mem-validasi program simulasi dan seringkali pula mempertimbangkan kebutuhan komputasi (waktu CPU untuk semua simulasi yang dilakukan, space disk untuk proses trace). Pada umumnya, simulasi akan membutuhkan

Susun!



waktu yang lebih lambat dari pada sistem real-nya : jam pada suatu simulasi kadangkala hanya beberapa detik saja dari waktu real-nya.

Alat bantu dan Resource Simulasi

Di bawah ini adalah software simulasi yang baik, ada yang komersial dan ada pula yang open source, yaitu :

- **OPNET Modeler[®]** (<http://www.opnet.com/products/modeler/home.html>), adalah software komersial untuk simulasi jaringan. Disini banyak terdapat poin dan pustaka yang berharga tentang tipe sambungan (link types), protokol, dan beberapa devais khusus. Ini adalah pilihan yang bagus untuk proyek yang membutuhkan model detail tentang teknologi jaringan. Modeler dapat digunakan untuk simulasi non-jaringan pula.
- **Hyperformix (formerly SES) Workbench[™]**. Jika dibandingkan dengan tools di atas, tool ini mendukung pendekatan generik dan abstrak untuk mensimulasikan sistem komputer. Pilihan bagus untuk sistem model diaman sumber aktif dan sumber pasif signifikan. (<http://www.hyperformix.com/products/workbench.htm>)

Kedua paket di atas berkapabilitas amat baik, dan tentu saja harganya juga mahal. Jika mencari yang lebih ekonomis dapat mencoba :

- Mesquite Software CSIM18 (<http://www.mesquite.com/htmls/csim18.htm>), model pustaka untuk program bahasa C /C++ yang berorientasi proses. Ini masih merupakan software komersial, tapi masih lebih murah dibandingkan Modeler atau Workbench.
- **ns2** (<http://www.isi.edu/nsnam/ns/>) software simulasi jaringan open source yang populer di kalangan peneliti. Mendukung tumpukan protokol TCP/IP, protokol dasar Internet dengan sangat baik.
- Dapat di cari pada Situs internet **Open Directory Project** (<http://dmoz.org/Science/Software/Simulation/>) dan atau situs internet **Google** (<http://directory.google.com/Top/Science/Software/Simulation/>)



Teknik, penerapan dan detail Simulasi dapat ditemukan pada Mata kuliah SimulasiI

Susun!

