

## **BAB 2**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Penyakit Jantung Koroner**

Penyakit jantung koroner adalah kondisi patologis arteri koroner (aterosklerosis koroner) yang mengakibatkan perubahan struktur dan fungsi arteri dan penurunan aliran darah ke jantung (Smeltzer & Bare, 2002. p. 776). Aterosklerosis koroner menyebabkan penyempitan lumen (lubang) arteri dan penyumbatan aliran darah ke jantung, sehingga suplai darah tidak adekuat (iskemia).

Manifestasi utama iskemia miokardium adalah nyeri dada (*angina*), dan iskemia yang lebih berat akan menyebabkan kerusakan sel jantung, yang disebut *infark miokardium*. Sel-sel jantung yang mengalami kerusakan ireversibel akan mengalami degenerasi dan kemudian diganti dengan jaringan parut. Apabila kerusakan jantung sangat luas, jantung akan mengalami kegagalan, artinya jantung tidak mampu memompakan darah untuk memenuhi kebutuhan tubuh (gagal jantung). Manifestasi klinis penyakit jantung koroner yang lain adalah berupa perubahan pola elektrokardiografi (EKG), disritmia, dan kematian mendadak.

##### **2.1.1 Angina**

Angina atau angina pectoris adalah suatu sindroma klinis yang ditandai dengan episode nyeri atau perasaan tertekan di dada depan. Penyebabnya diperkirakan karena berkurangnya aliran darah koroner (biasanya akibat sumbatan arteri koroner), menyebabkan suplai oksigen ke jantung tidak adekuat. Sakit angina adalah khas, yaitu

nyeri dada/ sesak napas di tengah dada yang bisa menyebar sampai ke leher dan rahang, pundak kiri atau kanan dan lengan, bahkan sampai punggung. Kadang-kadang angina dirasakan seperti 'sulit bernapas'. Lama/ durasi nyeri berkisar sekitar 15 menit atau lebih lama, dan akan berkurang bila istirahat atau dengan pemberian obat vasodilator, atau faktor pencetus/ presifitasinya dihilangkan. Bentuk lain dari angina adalah Angina tidak stabil (*Unstable Angina*), yaitu sakit dada yang tiba-tiba terasa pada waktu istirahat atau terjadi lebih berat secara mendadak. *Unstable angina* merupakan simtom yang menunjukkan keadaan buruk sehingga harus ditangani secara serius. Pada *Unstable angina* kekurangan oksigen ke otot jantung dapat menjadi parah (*acute*), sehingga amat berbahaya; risiko komplikasi terjadinya serangan jantung amat besar. Bentuk lain angina adalah *Variant Angina*, yaitu terjadi bila arteri koroner mengalami *spasm* (kejang) atau mengerut secara mendadak. Ini dapat terjadi pada arteri koroner normal, tetapi yang sering adalah bila di arteri tersebut sudah terdapat plak.

Pada penelitian ini, indikator/ tanda dan gejala angina tidak termasuk yang diteliti, karena data karakteristik nyeri dada yang dirasakan pasien saat serangan, pada umumnya tidak tercatat dalam status pasien/ catatan medis (*medical record*).

### **2.1.2 Serangan jantung/ *infark miocard***

Infark miokardium atau serangan jantung mengacu pada proses rusaknya jaringan jantung akibat suplai darah yang tidak adekuat sehingga aliran darah koroner berkurang ke otot/ jaringan jantung. Gejala utama Infark miokardium adalah nyeri dada yang tiba-tiba dan berlangsung terus menerus (biasanya menetap selama beberapa jam sampai beberapa hari atau tidak akan hilang dengan istirahat maupun pemberian vasodilator), terletak di bagian bawah sternum dan perut atas. Rasa nyeri yang tajam dan berat, bisa

menyebarkan ke bahu dan lengan kiri. Evaluasi diagnostik yang digunakan sebagai petanda infark miokardium adalah: peningkatan pada nilai enzim jantung (Kreatinin kinase/ CK) dan isoenzim serum (CK-MB), Troponin I dan Troponin T, dipandang sebagai petanda/ indikator sensitif dan dapat dipercaya dalam menegakkan diagnosa infark miokardium. Troponin I dan T yang hanya terdapat pada miosit jantung, saat ini merupakan petanda biokimia yang paling sensitif (gold standard). Pemeriksaan LDH (lactate dehydrogenase) dan AST jarang dilakukan karena sering memberikan hasil yang positif palsu (Nur Haryono, 2007. pada The 7<sup>th</sup> Symposium on Clinical Cardiology & ECG Course).

Tanda lain dari terjadinya iskemik otot jantung adalah aritmia/ disritmia, yang tampak pada hasil elektrokardiografi (EKG). Monitoring EKG multi sandapan direkomendasikan jika pasien mengalami episode baru nyeri dada, triage EKG yang terdiri atas: ST segmen elevasi, ST segmen depresi, dan EKG normal. Disritmia adalah kelainan denyut jantung yang meliputi gangguan frekuensi atau irama atau keduanya. Disritmia dapat diidentifikasi dengan menganalisa gelombang elektrokardiografi (EKG). Disritmia dibedakan berdasarkan tempat dan asal impuls dan mekanisme hantaran yang terlibat. Gangguan mekanisme hantaran yang mungkin terjadi meliputi bradikardia, takikardia, *flutter*, fibrilasi, denyut prematur, dan lain-lain (Smeltzer & Bare, 2002, p. 756-765). Karena keterbatasan peneliti, maka aritmia pada penelitian hanya dilihat dari frekuensi denyut nadi.

### **2.1.3 Gagal Jantung**

Gagal jantung sering disebut gagal jantung congestive (*congestive heart failure*) adalah ketidakmampuan jantung untuk memompa darah yang adekuat untuk memenuhi

kebutuhan jaringan akan oksigen dan nutrisi. Penyebab gagal jantung yang paling sering adalah kelainan fungsi otot jantung yang disebabkan oleh:

1. Aterosklerosis koroner (mengakibatkan terganggunya aliran darah ke otot jantung, sehingga fungsi otot jantung terganggu)
2. Hipertensi sistemik atau pulmonal (meningkatkan beban kerja jantung dan hipertrofi serabut otot jantung, yang dianggap sebagai mekanisme kompensasi untuk meningkatkan kontraktilitas jantung, namun pada saatnya kondisi hipertrofi otot jantung tersebut dapat menyebabkan fungsi jantung terganggu dan akhirnya terjadi gagal jantung).
3. Penyakit miokardium degeneratif dan peradangan (secara langsung dapat merusak serabut otot jantung, sehingga menyebabkan kontraktilitas jantung menurun.

Tanda dominan gagal jantung adalah meningkatnya volume intravaskuler yang dapat menyebabkan edema dan penambahan berat badan. Tanda yang lain adalah peningkatan tekanan vena pulmonalis yang dapat menyebabkan edema paru. Hasil pemeriksaan radiologi pada pasien yang mengalami gagal jantung, umumnya ditemukan pembesaran jantung (kardiomegali) menunjukkan adanya hipertrofi dan atau dilatasi jantung (Ignatavicius, et al. 1995, p.894). Rasio besar jantung dengan diameter thorax (*Cardiac Thorax Ratio/ CTR*) pada orang normal adalah kurang dari 50%, sedangkan pada kardiomegali CTRnya adalah lebih dari 50%.

Efek ketidakmampuan jantung memompa darah dengan adekwat menyebabkan curah jantung dan perfusi darah ke seluruh jaringan tubuh menjadi menurun, termasuk perfusi ke organ ginjal. Apabila perfusi ke ginjal menurun, maka fungsi ginjal juga akan menurun, khususnya dalam mengekskresikan sisa metabolisme tubuh. Kerusakan/

menurunnya fungsi ginjal dapat direfleksikan dengan adanya peningkatan kadar sisa metabolisme tubuh, diantaranya: *blood urea nitrogen* (BUN), *serum creatinine*, dan penurunan nilai *creatinine clearance* (Ignatavicius, et al. 1995, p.893).

Nilai kreatinin serum yang normal = 0,5-1,1 mg/dl pada perempuan dan 0,6-1,2 mg/dl pada pria, Ureum atau Blood Urea Nitrogen (BUN) yang normal = 10 - 20 mg/dl; dan nilai kliren kreatinin (CCT) normal = 97-137 ml/menit pada pria, dan 88-128 ml/menit pada perempuan (Ignatavicius, 1995, pp.2121-2124).

## **2.2 Faktor Risiko**

Berikut ini diuraikan beberapa faktor resiko terjadinya gangguan kardiovaskuler dan gagal ginjal.

### **2.2.1 Hipertensi**

Hipertensi adalah tekanan darah menetap dimana tekanan sistolik di atas 140 mmHg, dan tekanan diastolik di atas 90 mmHg (Smeltzer & Bare, 2002. p. 776, 2002. p. 896). Hipertensi merupakan salah satu faktor risiko utama untuk terjadinya penyakit jantung koroner (PJK). Penelitian di berbagai tempat di Indonesia (1978) mendapatkan prevalensi hipertensi untuk Indonesia berkisar antara 6-15%, sedangkan di negara-negara maju seperti misalnya Amerika National Health Survey menemukan frekuensi yang lebih tinggi yaitu mencapai 15-20%. Lebih kurang 60% penderita hipertensi tidak terdeteksi, 20% dapat diketahui tetapi tidak diobati atau tidak terkontrol dengan baik, sedangkan hanya 20% dapat diobati dengan baik.

Penyebab kematian akibat hipertensi di Amerika adalah kegagalan jantung 45%, miokard infark 35%, cerebrovascular accident 15% dan gagal ginjal 5%. Komplikasi

yang terjadi pada hipertensi esensial biasanya akibat perubahan struktur arteri dan arterial sistemik, terutama terjadi pada kasus-kasus yang tidak diobati. Mula-mula akan terjadi hipertrofi dari tunika media diikuti dengan hialinisasi setempat dan penebalan fibrosis dari tunika intima dan akhirnya akan terjadi penyempitan pembuluh darah. Tempat yang paling berbahaya adalah bila mengenai miokardium, arteri dan arterial sistemik, arteri koroner dan serebral, serta pembuluh darah ginjal.

Komplikasi terhadap jantung akibat hipertensi yang paling sering terjadi adalah kegagalan ventrikel kiri, PJK seperti angina pectoris dan miokard infark. Dari beberapa penelitian didapatkan  $\pm 50\%$  penderita miokard infark menderita hipertensi dan 75% kegagalan ventrikel kiri penyebabnya adalah hipertensi. Perubahan hipertensi khususnya pada jantung disebabkan karena:

1. Meningkatnya tekanan darah.

Peningkatan tekanan darah merupakan beban yang berat untuk jantung, sehingga menyebabkan hipertrofi ventrikel kiri (faktor miokard). Keadaan ini tergantung dari berat dan lamanya hipertensi.

2. Mempercepat timbulnya aterosklerosis.

Tekanan darah yang tinggi dan menetap akan menimbulkan trauma langsung terhadap dinding pembuluh darah arteri koronaria, sehingga memudahkan terjadinya aterosklerosis koroner (faktor koroner). Hal ini menyebabkan angina pectoris, insufisiensi koroner dan miokard infark lebih sering didapatkan pada penderita hipertensi dibandingkan orang normal.

Tekanan darah sistolik diduga mempunyai pengaruh yang lebih besar. Kejadiannya PJK pada hipertensi sering ditemukan dan secara langsung berhubungan dengan tingginya tekanan darah sistolik. Penelitian Framingham selama 18 tahun terhadap

penderita berusia 45-75 tahun mendapatkan hipertensi sistolik merupakan faktor pencetus terjadinya angina pectoris dan miokard infark. Pada penelitian tersebut juga didapatkan penderita hipertensi yang mengalami miokard infark mortalitasnya 3x lebih besar daripada penderita yang normotensi dengan miokard infark. Kejadian miokard infark 2x lebih besar pada kelompok tekanan darah diastolik 90-10 mmHg dibandingkan tekanan darah diastolik (85 mmHg, sedangkan pada tekanan darah diastolik) 105 mmHg 4x lebih besar.

Penelitian Stewart (<http://library.usu.ac.id/download/fk/gizi-bahri4.pdf>) juga memperkuat hubungan antara kenaikan tekanan darah diastolik dengan risiko mendapat miokard infark. Apabila hipertensi sistolik dan diastolik terjadi bersamaan maka akan menunjukkan risiko yang lebih besar dibandingkan penderita yang tekanan darahnya normal. Hipertensi sistolik saja ternyata menunjukkan risiko yang lebih tinggi daripada hipertensi diastolik saja. Uchenster juga melaporkan bahwa kematian PJK lebih berkorelasi dengan tekanan darah sistolik dibandingkan tekanan darah diastolik. Pemberian obat yang tepat pada hipertensi dapat mencegah terjadinya miokard infark dan kegagalan ventrikel kiri akan tetapi perlu juga diperhatikan efek samping dari obat-obatan dalam jangka panjang. Oleh sebab itu pencegahan terhadap hipertensi merupakan usaha yang jauh lebih baik untuk menurunkan risiko PJK.

Tekanan darah yang normal merupakan penunjang kesehatan yang utama dalam kehidupan dan ada hubungannya dengan faktor keturunan, perilaku dan cara kehidupan, kebiasaan merokok dan alkoholisme, diet serta pemasukan Na & K yang seluruhnya adalah faktor-faktor yang berkaitan dengan pola kehidupan seseorang. Kesegaran jasmani juga berhubungan dengan tekanan darah sistolik, seperti yang didapatkan pada

penelitian Fraser dkk. (<http://library.usu.ac.id/download/fk/gizi-bahri4.pdf>) orang-orang dengan kebugaran jasmani yang optimal tekanan darahnya cenderung lebih rendah.

### **2.2.2 Hiperkolesterol**

Hiperkolesterolemia merupakan masalah yang cukup penting karena termasuk salah satu faktor risiko utama PJK di samping hipertensi dan merokok. Di Amerika pada saat ini 50% orang dewasa didapatkan kadar kolesterolnya  $>200$  mg/dl dan  $\pm 25\%$  dari orang dewasa umur  $>20$  tahun dengan kadar kolesterol  $>240$  mg/dl, sehingga risiko terhadap PJK akan meningkat.

Kolesterol, lemak dan substansi lainnya dapat menyebabkan penebalan dinding pembuluh darah arteri, sehingga lumen dari pembuluh darah tersebut menyempit dan proses ini disebut aterosklerosis. Penyempitan pembuluh darah ini akan menyebabkan aliran darah menjadi lambat bahkan dapat tersumbat sehingga aliran darah pada pembuluh darah koroner yang fungsinya memberi  $O_2$  ke jantung menjadi berkurang. Kurangnya  $O_2$  akan menyebabkan otot jantung menjadi lemah, sakit dada, serangan jantung bahkan kematian.

Kadar kolesterol darah dipengaruhi oleh makanan yang masuk ke dalam tubuh (diet). Faktor-faktor lainnya yang dapat mempengaruhi kadar kolesterol darah di samping diet adalah keturunan, umur, jenis kelamin, stress, alkohol dan exercise. Beberapa parameter yang dapat dipakai untuk mengetahui adanya risiko PJK dan hubungannya dengan kadar kolesterol darah:



### **2.2.1.1 Kolesterol total**

Kadar kolesterol total darah yang sebaiknya adalah kurang dari 200mg/dl, bila lebih dari 200 mg/dl berarti risiko untuk terjadinya PJK meningkat. Bila kadar kolesterol darah berkisar antara 200-239 mg/dl (risiko sedang), tetapi tidak ada faktor risiko PJK lainnya, maka biasanya tidak perlu penanggulangan yang serius. Akan tetapi bila dengan kadar tersebut didapatkan PJK atau 2 faktor risiko PJK lainnya, maka perlu pengobatan yang intensif seperti halnya penderita dengan kadar kolesterol yang tinggi atau >240 mg/dl (LeFever Kee, Joyce. 1997)

### **2.2.1.2 LDL kolesterol**

LDL (*Low Density Lipoprotein*) kolesterol merupakan jenis kolesterol yang bersifat buruk atau merugikan (*bad cholesterol*); karena kadar LDL kolesterol yang meningkat akan menyebabkan penebalan dinding pembuluh darah. Kadar LDL kolesterol lebih tepat sebagai petunjuk untuk mengetahui risiko PJK daripada kadar kolesterol total saja. Kadar LDL kolesterol normal adalah < 130 mg/dl, bila kadar LDL lebih > 130 mg/dl akan meningkatkan risiko terjadinya PJK. Kadar LDL kolesterol yang tinggi ini dapat diturunkan dengan diet.

### **2.2.1.3 HDL kolesterol**

HDL (*High Density Lipoprotein*) kolesterol merupakan jenis kolesterol yang bersifat baik atau menguntungkan (*good cholesterol*); karena mengangkut kolesterol dari pembuluh darah kembali ke hati untuk dibuang sehingga mencegah penebalan dinding pembuluh darah atau mencegah terjadinya proses aterosklerosis. Kadar HDL kolesterol yang normal adalah >45mg/dl. Makin rendah kadar HDL kolesterol, makin besar

kemungkinan terjadinya PJK. Kadar HDL kolesterol dapat dinaikkan dengan mengurangi berat badan, menambah exercise dan berhenti merokok.

#### **2.2.1.4 Rasio kolesterol total: HDL kolesterol**

Rasio kolesterol total: HDL kolesterol sebaiknya  $<4,6$  pada laki-laki dan  $<4,0$  pada perempuan. Makin tinggi rasio kolesterol total: HDL kolesterol, makin meningkat risiko PJK. Pada beberapa orang dengan kadar kolesterol total yang normal, dapat menderita PJK juga; ternyata didapatkan rasio kolesterol total: HDL kolesterol yg meninggi. Sebagai contoh penderita dengan kolesterol total 140-185 mg/dl, HDL kolesterol 20-22 mg/dl, maka rasio kolesterol total: HDL kolesterol  $> 7$ . Jadi tidak hanya kadar kolesterol total yang meninggi saja yang berbahaya, akan tetapi rasio kolesterol total: HDL kolesterol yang meninggi juga merupakan faktor risiko PJK.

#### **2.2.1.5 Kadar trigliserida**

Trigliserida merupakan lemak di dalam tubuh yang terdiri dari 3 jenis lemak yaitu lemak jenuh, lemak tidak jenuh tunggal dan lemak tidak jenuh ganda. Kadar trigliserid yang tinggi merupakan faktor risiko untuk terjadinya PJK. Kadar trigliserida normal pada orang dewasa usia 40-49 tahun, adalah: 30-160mg/dl, dan kadar normal orang usia  $>50$  tahun adalah 40-190mg/dl.

Kadar trigliserid perlu diperiksa pada keadaan sebagai berikut yaitu bila kadar kolesterol total  $> 200$  mg/dl, ada PJK, ada keluarga yang menderita PJK  $<55$  tahun, ada riwayat keluarga dengan kadar trigliserid yang tinggi, ada penyakit DM & pankreas. Pengukuran kadar trigliserid kadang-kadang diperlukan untuk menghitung kadar LDL kolesterol, karena pemeriksaan laboratorium biasanya langsung dapat mengukur

kolesterol total, HDL kolesterol dan trigliserid; sedangkan untuk mendapatkan kadar LDL kolesterol dipakai rumus sebagai berikut:  $LDL = \text{Kolesterol total} - HDL - \text{Trigliserid}/5$

### **2.2.3 Merokok**

Pada saat ini merokok telah dimasukkan sebagai salah satu faktor risiko utama PJK di samping hipertensi dan hiperkolesterolemia. Orang yang merokok > 20 batang perhari dapat mempengaruhi atau memperkuat efek dua faktor utama risiko lainnya. Efek rokok adalah menyebabkan beban miokard bertambah karena rangsangan oleh katekolamin dan menurunnya konsumsi  $O_2$  akibat inhalasi CO atau dengan perkataan lain dapat menyebabkan tahikardi, vasokonstriksi pembuluh darah, merubah permeabilitas dinding pembuluh darah dan merubah 5-10% Hb menjadi carboksi-Hb. Di samping itu rokok dapat menurunkan kadar HDL kolesterol tetapi mekanismenya belum jelas. Makin banyak jumlah rokok yang diisap, kadar HDL kolesterol makin menurun. Perempuan yang merokok penurunan kadar HDL kolesterolnya lebih besar dibandingkan laki-laki perokok (Triswanto, 2007, p20).

### **2.2.4 Obesitas**

Obesitas adalah kelebihan jumlah lemak tubuh >19% pada laki-laki dan > 21% pada perempuan. Obesitas sering didapatkan bersama-sama dengan hipertensi, DM dan hipertrigliseridemia. Obesitas juga dapat meningkatkan kadar kolesterol total dan LDL kolesterol. Risiko PJK akan jelas meningkat bila BB mulai melebihi 20% dari BB ideal. Penderita yang gemuk dengan kadar kolesterol yang tinggi dapat menurunkan kadar

kolesterolnya dengan mengurangi BB melalui diet ataupun menambah exercise (Misnadiarly, 2007, p54)

### **2.2.5 Diabetes**

Diabetes mellitus (DM) merupakan sekelompok kelainan heterogen yang ditandai oleh kenaikan kadar glukosa dalam darah (hiperglikemia), yang disebabkan kekurangan insulin atau kemampuan tubuh untuk bereaksi terhadap insulin menurun, sehingga tubuh tidak toleran terhadap glukosa (Smeltzer & Bare, 2002, p.1220). Intoleransi terhadap glukosa sejak dulu telah diketahui sebagai predisposisi penyakit pembuluh darah. Penelitian menunjukkan laki-laki yang menderita DM risiko PJK 50% lebih tinggi daripada orang normal, sedangkan pada perempuan risikonya menjadi 2 kali lipat.

### **2.2.6 Olahraga**

Olahraga atau *exercise* dapat meningkatkan kadar HDL kolesterol dan memperbaiki kolateral koroner sehingga risiko PJK dapat dikurangi. Exercise bermanfaat karena dapat memperbaiki fungsi paru dan pemberian O<sub>2</sub> ke miokard, menurunkan BB sehingga lemak tubuh yang berlebihan berkurang bersama-sama dengan menurunnya LDL kolesterol, menurunkan kolesterol, trigliserid dan kadar gula darah pada penderita DM, menurunkan tekanan darah, dan meningkatkan kesegaran jasmani (<http://library.usu.ac.id/download/fk/gizi-bahri4.pdf>).

### **2.2.7 Umur**

Telah dibuktikan adanya hubungan antara umur dan kematian akibat PJK. Sebagian besar kasus kematian terjadi pada laki-laki umur 35-44 tahun dan meningkat dengan

bertambahnya umur. Juga didapatkan hubungan antara umur dan kadar kolesterol yaitu kadar kolesterol total akan meningkat dengan bertambahnya umur. Di Amerika Serikat kadar kolesterol pada laki-laki maupun perempuan mulai meningkat pada umur 20 tahun. Pada laki-laki kadar kolesterol akan meningkat sampai umur 50 tahun dan akhirnya akan turun sedikit setelah umur 50 tahun. Kadar kolesterol perempuan sebelum menopause (45-60 tahun) lebih rendah daripada laki-laki dengan umur yang sama. Setelah menopause kadar kolesterol perempuan biasanya akan meningkat menjadi lebih tinggi daripada laki-laki (<http://library.usu.ac.id/download/fk/gizi-bahri4.pdf>).

### **2.2.8 Jenis kelamin**

Di Amerika Serikat gejala PJK sebelum umur 60 tahun didapatkan pada 1 dari 5 laki laki dan 1 dari 17 perempuan. Ini berarti bahwa laki-laki mempunyai risiko PJK 2-3 kali lebih besar daripada perempuan. Pada beberapa perempuan pemakaian oral kontrasepsi dan selama kehamilan akan meningkatkan kadar kolesterol. Pada wanita hamil kadar kolesterolnya akan kembali normal 20 minggu setelah melahirkan. Angka kematian pada laki-laki didapatkan lebih tinggi daripada perempuan dimana ketinggalan waktu 10 tahun kebelakang, akan tetapi setelah menopause hampir tidak didapatkan perbedaan dengan laki-laki (<http://library.usu.ac.id/download/fk/gizi-bahri4.pdf>).

### **2.2.9 Suku**

Perbedaan risiko PJK antara ras didapatkan sangat menyolok, walaupun bercampur baur dengan faktor geografis, sosial dan ekonomi. Di Amerika perbedaan antara ras Caucasia dengan non Caucasia (tidak termasuk Negro) didapatkan, risiko PJK pada non Caucasia kira-kira separuhnya (<http://library.usu.ac.id/download/fk/gizi-bahri4.pdf>).

### **2.2.10 Keturunan**

Hipertensi dan hiperkolesterolemi dipengaruhi juga oleh faktor genetik. Sebagian kecil orang dengan makanan sehari-harinya tinggi lemak jenuh dan kolesterol ternyata kadar kolesterol darahnya rendah, sedangkan kebalikannya ada orang yang tidak dapat menurunkan kadar kolesterol darahnya dengan diet rendah lemak jenuh dan kolesterol, akan tetapi kelompok ini hanya sebagian kecil saja. Sebagian besar manusia dapat mengatur kadar kolesterol darahnya dengan diet rendah lemak jenuh dan kolesterol (<http://library.usu.ac.id/download/fk/gizi-bahri4.pdf>).

### **2.3 Statistika**

Statistika adalah ilmu pengumpulan, menata, menyajikan, menganalisis, dan menginterpretasikan data menjadi informasi untuk membantu pengambilan keputusan yang efektif (Suharyadi & Purwanto S. K, 2003, p5). Ada dua macam statistika, yaitu statistika deskriptif dan statistika inferensial.

1. Statistika deskriptif berkenaan dengan bagaimana data dapat digambarkan (dideskripsikan) atau disimpulkan, baik secara numerik (misalnya menghitung rata-rata dan deviasi standar) atau secara grafis (dalam bentuk tabel atau grafik), untuk mendapatkan gambaran sekilas mengenai data tersebut, sehingga lebih mudah dibaca dan bermakna.
2. Statistika inferensial berkenaan dengan permodelan data dan melakukan pengambilan keputusan berdasarkan analisis data, misalnya melakukan pengujian hipotesis, melakukan estimasi pengamatan masa mendatang (estimasi atau prediksi), membuat permodelan hubungan (korelasi, regresi, ANOVA, deret waktu), dan sebagainya.

## 2.4 Regresi

Analisis regresi adalah metode statistik yang digunakan untuk menduga satu atau lebih variabel respons (*dependen/* tidak bebas) dari sekumpulan variabel penduga (*independent/* bebas). Analisis regresi juga dapat digunakan untuk menaksir atau melihat pengaruh variabel penduga (*independent*) pada suatu respon (*dependent*) (Johnson & Wichern, 2002, p354).

Menurut Sir Francis Galton (1822-1911), persamaan regresi adalah persamaan matematik yang memungkinkan peramalan nilai-nilai atau variabel-variabel dependen atau variabel tak bebas dari nilai-nilai satu atau lebih variabel independen atau variabel bebas (Walpole, 1995, p340). Nilai variabel tak bebas dinyatakan dengan konotasi  $y$  dan nilai variabel bebas dengan konotasi  $x$ .

Kuat atau tidaknya hubungan antara variabel bebas ( $X$ ) dan variabel tak bebas ( $Y$ ) diukur dengan suatu nilai yang disebut dengan koefisien korelasi, sedangkan besarnya pengaruh  $X$  terhadap  $Y$  diukur dengan koefisien regresi. Persamaan regresi juga menggambarkan relasi dari variabel-variabel yang ada didalamnya (Supranto, 1998, p178). Di dalam pemakaiannya, variabel tak bebas ( $Y$ ) ternyata juga dipengaruhi oleh faktor lain selain variabel bebas ( $X$ ) yang tidak dimasukkan ke dalam persamaan tersebut. Oleh karena persamaan dari regresi perlu untuk menggambarkan bentuk dari data dengan tepat, maka dimasukkanlah *error*  $\varepsilon$  ke dalam persamaan regresi tersebut. Karena error tidak dapat dihilangkan sama sekali, maka resiko itu akan selalu ada. Resiko hanya bisa diperkecil dengan memperkecil kesalahan (*minimized error*).

Regresi dikatakan linear apabila hubungan antara variabel bebas dan variabel tak bebas adalah linear, sedangkan apabila hubungan antara variabel bebas dan variabel tak bebas tidak linear, maka regresi dikatakan regresi non linear. Hubungan antara variabel

bebas dan variabel tak bebas dapat dikatakan linear apabila diagram pencar data dari variabel-variabel tersebut mendekati pola garis lurus ([http://en.wikipedia.org/wiki/Linear\\_regression](http://en.wikipedia.org/wiki/Linear_regression)).

#### 2.4.1 Regresi linear sederhana

Regresi linear sederhana adalah suatu persamaan regresi dimana variabel bebasnya berbentuk skalar dan apabila diagram pencar data dari variabel-variabel tersebut mendekati pola garis lurus ([http://en.wikipedia.org/wiki/Simple\\_linear\\_regression](http://en.wikipedia.org/wiki/Simple_linear_regression)). Regresi linear sederhana digunakan untuk mengetahui hubungan antara dua variabel, variabel bebas  $X$  dan variabel tak bebas  $Y$ . Model regresi linear sederhana adalah sebagai berikut:

$$Y = a + bX + \varepsilon \quad (2.1)$$

dimana  $Y$  adalah variabel dependen,  $a$  adalah intercept atau perpotongan dengan sumbu tegak,  $b$  adalah gradien,  $X$  adalah variabel independen, dan  $\varepsilon$  adalah *error*.

#### 2.4.2 Regresi linear ganda

Regresi linear ganda adalah regresi yang digunakan untuk meramalkan hubungan antara satu variabel tak bebas dengan dua atau lebih variabel bebas, dimana akan ditentukan hubungan antara  $Y$  dan  $X_1, X_2, \dots, X_k$  (Sudjana, 2003, p69). Bentuk umum regresi linear ganda  $Y$  atas  $X_1, X_2, \dots, X_k$  adalah sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k \quad (2.2)$$

dengan konstanta  $\beta_0$  dan koefisien-koefisien  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$  dapat ditaksir berdasarkan  $n$  buah pasang data  $X_1, X_2, \dots, X_k, Y$  yang diperoleh dari pengamatan. Dengan  $n$  jumlah



observasi variabel bebas pada  $Y$  dan dihubungkan dengan nilai-nilai  $x_k$ , model regresinya menjadi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= \beta_0 + \beta_1 x_{11} + \beta_2 x_{12} + \dots + \beta_k x_{1k} \\
 Y_2 &= \beta_0 + \beta_1 x_{21} + \beta_2 x_{22} + \dots + \beta_k x_{2k} \\
 &\vdots \\
 Y_n &= \beta_0 + \beta_1 x_{n1} + \beta_2 x_{n2} + \dots + \beta_k x_{nk}
 \end{aligned}
 \tag{2.3}$$

Dalam notasi matriks, persamaan (2.3) menjadi:

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nk} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix}
 \tag{2.4}$$

atau

$$\begin{matrix} Y & = & X & B \\ (n \times 1) & & (n \times (k+1)) & ((k+1) \times 1) \end{matrix}
 \tag{2.5}$$

dimana:

$Y$  = matriks nilai-nilai variabel tak bebas

$X$  = matriks nilai-nilai variabel bebas

$B$  = matriks parameter model regresi linear ganda

Persamaan (2.5) akan digunakan untuk menghitung koefisien-koefisien regresi linear ganda, dengan cara mengalikan dari sebelah kiri dengan  $X'$ , sehingga diperoleh:

$$X'Y = X'XB$$

Dengan demikian pendugaan parameter model regresi linear ganda dapat dilakukan berdasarkan rumus berikut:

$$\hat{B} = (X'X)^{-1} X'Y \tag{2.6}$$

dimana:

$\hat{B}$  = matriks nilai dugaan bagi parameter  $\beta$ ,

$(XX)^{-1}$  = invers dari matriks  $XX$

$(XY)$  = Matriks yang mengandung elemen-elemen jumlah hasil kali antara nilai-nilai variabel bebas  $X$  dan variabel tak bebas  $Y$

#### 2.4.2.1 Uji keberartian regresi linear ganda

Uji keberartian regresi linear ganda dilakukan untuk memeriksa apakah persamaan regresi linear yang diperoleh ada artinya bila dipakai untuk membuat kesimpulan mengenai hubungan sejumlah variabel yang sedang dipelajari (Sudjana, 2003, p90).

Dalam menguji keberartian regresi linear ganda diperlukan dua macam jumlah kuadrat (JK), yaitu JK(Reg) untuk regresi dan JK(S) untuk sisa, yang dalam notasi matriks, jumlah kuadrat (JK) dinyatakan dalam bentuk:

$$\begin{aligned} \text{JK(Reg)} &= B'(XY) - n\bar{Y}^2 \\ \text{JK(TD)} &= Y'Y - n\bar{Y}^2 \\ \text{JK(S)} &= \text{JK(TD)} - \text{JK(Reg)} \end{aligned} \tag{2.7}$$

Semua jumlah kuadrat (JK) untuk sumber variasi seperti dalam rumus (2.7) dapat disajikan dalam sebuah daftar Anova (*Analysis of Variance*) yang ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 memudahkan untuk menguji hipotesis nol bahwa regresi linear ganda berarti melawan tandingannya yaitu regresi linear ganda tidak berarti. Statistik yang

digunakan adalah statistik  $F = \frac{KT(\text{Reg})}{KT(\text{S})}$ , dengan  $dk$  pembilang =  $k$  (banyaknya variabel bebas dalam persamaan regresi) dan  $dk$  penyebut =  $(n - k - 1)$ . Jika statistik  $F$  lebih besar dari harga  $F$  yang diperoleh dari tabel distribusi  $F$  dengan  $dk$  yang sesuai dan taraf nyata yang dipilih, maka keputusannya adalah tolak hipotesis nol (Sudjana, 2002, p94).

**Tabel 2.1**  
**Tabel Anova untuk Regresi Linear Ganda**

Sumber Keragaman	dk	JK	KT	F
Koefisien	1	$n\bar{Y}^2$		
Total Dikoreksi (TD)	$n - 1$	$Y'Y - n\bar{Y}^2$		
Regresi (Reg)	$k$	$B'(X'Y) - n\bar{Y}^2$	$JK(\text{Reg})/k$	
Sisa (S)	$n - k - 1$	$JK(\text{TD}) - JK(\text{Reg})$	$JK(\text{S})/(n - k - 1)$	$\frac{KT(\text{Reg})}{KT(\text{S})}$
Total	$n$	$Y'Y$		

#### 2.4.2.2 Uji keberartian koefisien regresi linear ganda

Uji keberartian koefisien regresi linear ganda dilakukan untuk menguji setiap koefisien regresi apakah cukup berarti dalam suatu persamaan regresi (Sudjana, 2003, p109). Dalam suatu model persamaan regresi linear ganda  $Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k$  keberartian regresi diuji dengan menggunakan statistik  $F$  dan dinyatakan berarti jika harga  $F$  lebih besar dari harga  $F$  yang diperoleh dari tabel distribusi  $F$  dengan  $dk$  yang sesuai dan taraf nyata yang dipilih. Meskipun regresi ini berarti, untuk menilai ketepatan ramalan masih perlu dilihat mengenai galat baku taksiran  $Y$  atas  $X_1, X_2, \dots, X_k$ , diberi lambang  $s_{y-12K k}$  ( $\sigma_{y-12K k}$  untuk menyatakan galat baku taksiran dalam populasi), yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$s_{y \cdot 12K k}^2 = \frac{JK(S)}{(n-k-1)} \quad (2.8)$$

dimana  $JK(S)$  menyatakan jumlah kuadrat sisa (rumus (2.7)),  $n$  menyatakan ukuran sampel, dan  $k$  adalah banyaknya variabel bebas. Makin kecil  $s_{y \cdot 12K k}$  makin baik ramalan  $Y$  atas  $X_1, X_2, K, X_k$  yang dibuat melalui regresi  $Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + K + \beta_k x_k$ .

Dengan adanya galat baku taksiran  $s_{y \cdot 12K k}$  dapat dihitung galat baku koefisien  $\beta_i$  yang diperlukan untuk menguji keberartian koefisien regresi. Galat baku koefisien regresi  $\beta_i$  diberi lambang  $s_{b_i}$ , dapat dihitung menggunakan rumus:

$$s_{b_i}^2 = \frac{s_{y \cdot 12K k}^2}{\sum x_{ij}^2 (1 - R_i^2)} \quad (2.9)$$

dimana  $\sum x_{ij}^2$  adalah jumlah hasil kuadrat dari variabel  $X_k$  dan  $R_i$  adalah koefisien korelasi ganda antara  $X_i$  dengan  $X_1, X_2, K, X_{i-1}, X_{i+1}, K, X_k$ .

Untuk menguji hipotesis nol bahwa koefisien regresi yang bertalian dengan variabel bebas  $X_i$  tidak berarti melawan hipotesis tandingan koefisien itu berarti, digunakan statistik:

$$t = \frac{\beta_i}{s_{b_i}} \quad (2.10)$$

Kriterianya, tolak hipotesis nol bahwa koefisien regresi yang sesuai dengan variabel  $X_i$  tidak berarti jika  $|t|$  lebih besar dibandingkan dengan  $t$  dari tabel distribusi t untuk  $dk = (n - k - 1)$  dengan memperhitungkan taraf nyata yang dipilih (Sudjana, 2003, p111). Dalam hal lainnya, hipotesis nol diterima.

### 2.4.3 Regresi linear *multivariate*

Regresi linear *multivariate* merupakan suatu model regresi yang menyatakan hubungan kausal di antara  $p$  buah variabel tak bebas,  $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$ , dengan sekumpulan variabel bebas yang sama,  $X_1, X_2, \dots, X_k$  (Khan, 2006). Pendugaan model regresi *multivariate* pada dasarnya serupa dengan pendugaan  $m$  buah model regresi *univariate*, meskipun demikian pengujian hipotesis tentang parameter model adalah berbeda karena analisis regresi *univariate* tidak memperhatikan ketergantungan yang ada di antara  $m$  buah variabel respons atau variabel tak bebas, sedangkan analisis regresi *multivariate* mempertimbangkan hal itu. Dalam analisis regresi *univariate* diasumsikan bahwa variabel-variabel tak bebas  $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$  adalah saling bebas, sedangkan analisis regresi *multivariate* mempertimbangkan adanya hubungan ketergantungan di antara  $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$  (Gaspersz, 1992, p470). Setiap variabel tak bebas,  $Y$ , diasumsikan mengikuti model regresi berikut:

$$\begin{aligned} Y_1 &= \beta_{01} + \beta_{11}X_1 + \dots + \beta_{k1}X_k + \varepsilon_1 \\ Y_2 &= \beta_{02} + \beta_{12}X_1 + \dots + \beta_{k2}X_k + \varepsilon_2 \\ &\vdots \\ Y_p &= \beta_{0p} + \beta_{1p}X_1 + \dots + \beta_{kp}X_k + \varepsilon_p \end{aligned} \quad (2.11)$$

dengan menggunakan notasi matriks, maka persamaan (2.11) dapat dinyatakan secara singkat, sebagai berikut:

$$Y = XB + E \quad (2.12)$$

dimana

$Y$  = matriks nilai-nilai variabel tak bebas

$X$  = matriks nilai-nilai variabel bebas

$B$  = matriks parameter model regresi *multivariate*

$E$  = matriks nilai-nilai galat (error)

Dalam suatu pengamatan dengan  $n$  buah data sampel,  $p$  buah variabel tak bebas,  $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$ , dan  $k$  buah variabel bebas,  $X_1, X_2, \dots, X_k$ , maka matriks yang dimaksud dalam persamaan (2.12) adalah:

$$\begin{aligned}
 Y_{(n \times p)} &= \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1p} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & Y_{np} \end{bmatrix} = [Y_{(1)} | Y_{(2)} | \dots | Y_{(p)}] \\
 X_{(n \times (k+1))} &= \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1k} \\ 1 & X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nk} \end{bmatrix} = [1 | X_{(1)} | \dots | X_{(k)}] \\
 B_{((k+1) \times p)} &= \begin{bmatrix} \beta_{01} & \beta_{02} & \dots & \beta_{0p} \\ \beta_{11} & \beta_{12} & \dots & \beta_{1p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \beta_{k1} & \beta_{k2} & \dots & \beta_{kp} \end{bmatrix} = [\beta_{(1)} | \beta_{(2)} | \dots | \beta_{(p)}] \\
 E_{(n \times p)} &= \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} & \dots & \varepsilon_{1p} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} & \dots & \varepsilon_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \varepsilon_{n1} & \varepsilon_{n2} & \dots & \varepsilon_{np} \end{bmatrix} = [\varepsilon_{(1)} | \varepsilon_{(2)} | \dots | \varepsilon_{(p)}]
 \end{aligned}$$

Nilai harapan dari  $Y$  adalah  $E(Y) = XB$  serta ragam dari  $Y$  adalah  $V(Y) = I \times \Sigma$ , dimana  $I$  adalah matriks identitas dan  $\Sigma$  adalah matriks peragam (covariance matrix),  $\Sigma = \{\sigma_{ij}\}; i, j = 1, 2, \dots, p$ . Asumsi yang diperlukan untuk model regresi *multivariate* (2.11) atau (2.12) adalah:  $E(\varepsilon_{(ij)}) = 0; \text{cov}(\varepsilon_{(i)}, \varepsilon_{(j)}) = \sigma_{ij}I; i, j = 1, 2, \dots, p$ .

Berdasarkan asumsi tentang nilai-nilai galat yang berdistribusi multi-normal dengan nilai rata-rata nol dan ragam sigma, maka model regresi *multivariate* (2.12) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y = XB \quad (2.13)$$

Dengan demikian pendugaan parameter model regresi *multivariate* dapat dilakukan berdasarkan formula berikut:

$$\hat{B} = (X'X)^{-1} X'Y \quad (2.14)$$

dimana:

$\hat{B}$  = matriks nilai dugaan bagi parameter  $\beta$ , berukuran  $(k+1) \times p$

$(X'X)^{-1}$  = invers dari matriks  $X'X$ , berukuran  $(k+1) \times (k+1)$ , matriks  $X'X$  mengandung elemen-elemen jumlah kuadrat dan jumlah hasil kali dari variabel-variabel bebas  $X$

$(X'Y)$  = Matriks yang mengandung elemen-elemen jumlah hasil kali antara nilai-nilai variabel bebas  $X$  dan variabel tak bebas  $Y$ , berukuran  $(k+1) \times p$

Penduga  $\hat{B}$  yang didapatkan berdasarkan persamaan (2.14) bersifat tak bias, dengan nilai harapan dan ragam berikut:

$$\begin{aligned} E(\hat{B}) &= B \\ V(\hat{B}) &= \Sigma \times (X'X)^{-1} \end{aligned}$$

Agar dapat menguji hipotesis tentang elemen dari matriks  $B$ , maka diasumsikan bahwa setiap baris dari matriks  $Y$  berdistribusi multi-normal.

Model regresi *multivariate* dapat pula dibangun dalam bentuk variabel baku yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Y = XC + E \quad (2.15)$$

Di sini  $C$  adalah matriks koefisien regresi baku yang dapat diduga berdasarkan formula berikut:

$$C = R_{22}^{-1}R_{21} \quad (2.16)$$

dimana:

$R_{22}^{-1}$  = invers dari matriks  $R_{22}$ , dimana matriks  $R_{22}$  adalah matriks korelasi di antara variabel bebas  $X$

$R_{21}$  = Matriks korelasi antara variabel bebas  $X$  dan variabel tak bebas  $Y$

Koefisien regresi yang diperoleh dengan rumus (2.16) merupakan koefisien-koefisien regresi baku, sehingga koefisien-koefisien tersebut dapat diperbandingkan secara langsung peranannya terhadap variabel respons (Gaspersz, 1992, p481).

Dalam analisis regresi *multivariate*, pengujian hipotesis terhadap parameter model regresi dilakukan dengan merumuskan hipotesis berikut:

$H_0$  :  $B = 0$  ,berarti tidak terdapat hubungan linear antara  $k$  variabel bebas  $X$  dengan  $p$  variabel respons  $Y$

$H_1$  :  $B \neq 0$  , berarti terdapat hubungan linear sebagaimana dispesifikasikan dalam model regresi *multivariate*

Pengujian terhadap hipotesis dilakukan dengan jalan membangun tabel analisis ragam *multivariate* (*Multivariate Analysis of Variance* = MANOVA) berdasarkan pertimbangan berikut:

Matriks jumlah kuadrat dan jumlah hasil kali dari regresi *multivariate* ditentukan sebagai berikut:

$$Q_h = \hat{B}'(X'X)\hat{B} \quad (2.17)$$



Matriks jumlah kuadrat dan jumlah hasil kali dari galat ditentukan sebagai berikut:

$$Q_e = Y'Y - \hat{B}'(X'X)\hat{B} \quad (2.18)$$

Analisis ragam *multivariate* (MANOVA) ditunjukkan dalam tabel 2.2

**Tabel 2.2**  
**Analisis Ragam *Multivariate* (MANOVA) untuk Pengujian  $H_0: B = 0$**

Sumber Keragaman	DB	JK dan JHK	E (KT)
Regresi Total	$k + 1$	$Q_h = \hat{B}'(X'X)\hat{B}$	$\Sigma + \frac{Q_h}{k + 1}$
Galat	$n - k - 1$	$Q_e = Y'Y - Q_h$	$\Sigma$
Total	$n$	$Q_t = Y'Y$	-

Untuk menguji hipotesis di atas maka dihitung akar-akar ciri dari persamaan berikut:

$$|Q_h - \lambda Q_e| = 0 \quad (2.19)$$

Dari persamaan determinan (2.19) akan diperoleh akar-akar ciri  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_s$ , dimana  $s = \min(v_h, p) = \min(k + 1, p)$ , di sini  $v_h = k + 1$  adalah derajat bebas regresi total, sedangkan  $p$  adalah banyaknya variabel respons atau variabel tak bebas dalam model regresi *multivariate*. Pengujian hipotesis dilakukan dengan menggunakan uji Wilks. Hipotesis  $H_0: B = 0$  ditolak pada taraf nyata  $\alpha$ , jika:

Uji Wilks:

$$\Lambda = \frac{|Q_e|}{|Q_e + Q_h|} = \prod_{i=1}^s (1 + \lambda_i)^{-1} < U_{p, v_h, v_e}^\alpha \quad (2.20)$$

dimana  $U_{p, v_h, v_e}^\alpha$  adalah nilai dari tabel U pada taraf nyata  $\alpha$  yang bersesuaian dengan banyaknya variabel tak bebas,  $p$ , derajat bebas regresi total,  $v_h = k + 1$ , dan derajat bebas galat,  $v_e = n - k - 1$ .

## 2.5 Korelasi

Dalam teori probabilitas dan statistik, korelasi, disebut juga koefisien korelasi, digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kekuatan dan hubungan dari suatu hubungan linear antara dua variabel acak (<http://en.wikipedia.org/wiki/Correlation>). Jika nilai-nilai suatu variabel menaik sedangkan nilai-nilai variabel yang lain menurun, maka kedua variabel tersebut mempunyai korelasi negatif. Sebaliknya, jika nilai-nilai suatu variabel menaik dan diikuti pula dengan menaiknya nilai-nilai variabel lain, atau menurunnya nilai suatu variabel dan diikuti pula dengan menurunnya nilai variabel lain, kedua variabel tersebut mempunyai korelasi positif (Nazir, 2005, p450).

### 2.5.1 Korelasi momen produk Pearson

Koefisien korelasi Pearson digunakan untuk mencari derajat korelasi antar sepasang variabel kontinu,  $X$  dan  $Y$ , yang mempunyai korelasi (Nazir, 2005, p451). Rumus untuk koefisien korelasi Pearson adalah:

$$r = \frac{SP}{\sqrt{SS_x \cdot SS_y}} \quad (2.21)$$

dimana:

$SP$  = *sum of product*  $X$  dan  $Y$

$SS_x$  = *sumsquare* dari variabel  $X$

$SS_y$  = *sumsquare* dari variabel  $Y$

$r$  = koefisien korelasi

Rumus untuk  $SP$ ,  $SS_x$ , dan  $SS_y$  adalah:

$$\begin{aligned}
 SP &= \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{N} = \sum x \cdot y \\
 SS_x &= \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N} = \sum x^2 \\
 SS_y &= \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{N} = \sum y^2
 \end{aligned}
 \tag{2.22}$$

dimana:

$N$  = Jumlah pengamatan dari masing-masing variabel

$x$  =  $(X - \bar{X})$

$y$  =  $(Y - \bar{Y})$

$\bar{X}$  = *mean* dari variabel  $X$

$\bar{Y}$  = *mean* dari variabel  $Y$

Dalam menghitung koefisien korelasi perlu diingat beberapa hal, yaitu:

1. Jumlah pengamatan variabel  $X$  dan  $Y$  harus sama, atau kedua nilai variabel tersebut harus berpasangan.
2. Secara relatif, makin besar koefisien korelasi, makin tinggi pula derajat hubungan antara kedua variabel. Sebaliknya, secara relatif makin kecil koefisien korelasi, makin rendah pula derajat hubungan antara kedua variabel.
3. Hubungan yang terjadi diasumsikan berbentuk linear. Jika hubungan yang terjadi adalah hubungan bukan linear, maka peneliti harus menggunakan teknik lain untuk mengukur derajat korelasinya.
4. Koefisien korelasi tidak memperlihatkan adanya hubungan sebab akibat antara variabel-variabel yang diukur.

Dalam bentuk matriks, koefisien korelasi Pearson untuk  $k$  buah peubah adalah sebagai berikut:

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1k} \\ r_{21} & 1 & r_{23} & \dots & r_{2k} \\ r_{31} & r_{32} & 1 & \dots & r_{3k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{k1} & r_{k2} & r_{k3} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (2.23)$$

dimana  $\tilde{R}$  adalah matriks koefisien korelasi.

### 2.5.2 Korelasi linear ganda

Korelasi linear ganda atau disingkat korelasi ganda antara  $Y$  dan  $k$  buah peubah lain  $X_1, X_2, \dots, X_k$  merupakan alat ukur untuk melihat kadar keterikatan atau pertautan antara  $Y$  dan  $X_1, X_2, \dots, X_k$  secara serempak. Korelasi ganda dilihat melalui jalur terjadinya hubungan antara  $Y$  dan  $X_1, X_2, \dots, X_k$  yaitu melalui regresi linear ganda  $\hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_k X_k$  (Sudjana, 2003, p106). Berdasarkan adanya regresi linear ganda ini, koefisien korelasi ganda yang biasa diberi simbol  $R_{y.12\dots k}$  atau sering disingkat dengan  $R$ , dapat dihitung dengan menggunakan matriks korelasi, matriks yang elemen-elemennya terdiri atas koefisien-koefisien korelasi sederhana  $r_{ij}$  antara  $X_i$  dan  $X_j$ . Jika koefisien-koefisien korelasi sederhana antara  $X_i$  dan  $X_j$  ini dilambangkan oleh  $r_{ij}$ , dihitung dengan Rumus II(4) misalnya, dan matrik korelasi dinyatakan dengan  $R$ , maka untuk  $k$  buah peubah bebas  $X_1, X_2, \dots, X_k$  kita peroleh

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & r_{13} & K & r_{1k} \\ r_{21} & 1 & r_{23} & K & r_{2k} \\ r_{31} & r_{32} & 1 & K & r_{3k} \\ M & M & M & O & M \\ r_{k1} & r_{k2} & r_{k3} & K & 1 \end{bmatrix}$$

dengan catatan bahwa  $r_{11} = r_{22} = r_{33} = \dots = r_{kk} = 1$  (terdapat dalam diagonal dari kiri atas ke kanan bawah) dan  $r_{ij} = r_{ji}$  ( $i \neq j$ ) sehingga matriks  $\tilde{R}$  ini bentuknya simetrik. Matriks  $\tilde{R}$  ini mempunyai invers.

Jika matriks invers ini dilambangkan oleh  $R^{-1}$  dengan elemen-elemen  $r_{ij}$ , maka matriks invers ini berbentuk

$$\tilde{R}^{-1} = \begin{bmatrix} r^{11} & r^{12} & r^{13} & K & r^{1k} \\ r^{21} & r^{22} & r^{23} & K & r^{2k} \\ r^{31} & r^{32} & r^{33} & K & r^{3k} \\ M & M & M & O & M \\ r^{k1} & r^{k2} & r^{k3} & K & r^{kk} \end{bmatrix}$$

Dari matriks invers ini, hanya diperlukan elemen-elemen pada diagonal utamanya, yaitu elemen-elemen  $r^{ii} : r^{11}, r^{22}, \dots, r^{kk}$ . Berdasarkan  $r^{ii}$  ini, maka koefisien korelasi ganda  $R_i$  antara  $X_i$  dengan peubah-peubah sisanya, dapat dihitung melalui rumus

$$R_i^2 = 1 - \frac{1}{r^{ii}}$$

## 2.6 Aplikasi Piranti Lunak

Perangkat lunak atau piranti lunak adalah program komputer yang berfungsi sebagai sarana interaksi antara pengguna dan perangkat keras. Perangkat lunak dapat juga

dikatakan sebagai 'penterjemah' perintah-perintah yang dijalankan pengguna komputer untuk diteruskan atau diproses oleh perangkat keras.

Perangkat lunak umumnya digunakan untuk mengontrol perangkat keras, melakukan perhitungan, berinteraksi dengan perangkat lunak lainnya, dan lain-lain.

Peranti lunak dapat diaplikasikan ke berbagai situasi dimana serangkaian langkah prosedural (seperti algoritma) telah didefinisikan (pengecualian-pengecualian yang dapat dicatat pada aturan ini adalah sistem pakar dan perangkat lunak jaringan syaraf kecerdasan buatan). Kandungan (*content*) informasi dan determinasi merupakan faktor penting dalam menentukan sifat aplikasi perangkat lunak. *Content* mengarah kepada arti dan bentuk dari informasi yang masuk dan yang keluar.

### **2.6.1 Interaksi manusia dan komputer**

Sekarang ini, kebanyakan dari program yang dibuat mempunyai sebuah antar muka yang merupakan bagian dari aplikasi yang memungkinkan user untuk berinteraksi dengan program. Interaksi manusia dan komputer muncul pada sekitar pertengahan tahun 1980. Konsep utama dari interaksi manusia dan komputer ini sebenarnya adalah bagaimana membuat sistem yang mudah dipelajari dan mudah digunakan. Pengertian dari interaksi manusia dengan komputer itu sendiri menurut Shneiderman (1998, p8) adalah ilmu yang berhubungan dengan perancangan, evaluasi dan implementasi sistem komputer interaktif untuk digunakan oleh manusia serta studi fenomena-fenomena besar yang berhubungan dengannya.

Dengan berkembangnya teknologi komputer, sistem yang interaktif menjadi semakin penting. Sistem yang interaktif dan user friendly akan membuat pengguna lebih mudah dan nyaman dalam menjalankan sistem tersebut. Namun sebaliknya, apabila sistem

kurang interaktif, maka sistem itu akan sulit digunakan dan mengakibatkan kejenuhan sehingga pengguna akan kurang menyukai sistem tersebut.

Shneiderman (1998, p15) mengemukakan lima kriteria yang harus dipenuhi untuk membuat sebuah sistem yang *user friendly*, yaitu :

1. Waktu belajar

Berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh seorang pemakai awam untuk mempelajari cara pengoperasian sistem.

2. Kecepatan kinerja

Berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh sistem untuk menyelesaikan suatu tugas.

3. Tingkat kesalahan

Berapa banyak kesalahan dan kesalahan apa saja yang dibuat pemakai dalam menggunakan sistem.

4. Daya ingat

Bagaimana kemampuan pemakai mempertahankan pengetahuannya dalam jangka waktu tertentu.




5. Kepuasan subjektif

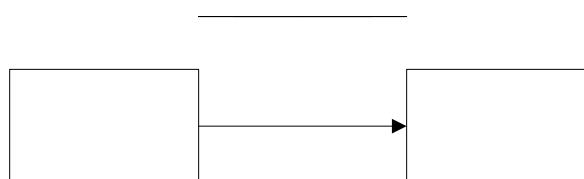
Bagaimana kesukaan pemakai terhadap aspek sistem.

### **2.6.2 Diagram transisi (*State Transition Diagram*)**

Menurut Whitten et al.(2004) *state transition diagram* (STD) digunakan untuk menggambarkan urutan dan variasi layar yang dapat muncul ketika pengguna sistem mengunjungi terminal.

Komponen-komponen utama STD adalah:

1. *State*, disimbolkan dengan  *State* merepresentasikan  reaksi yang ditampilkan ketika suatu tindakan dilakukan. Ada dua jenis state yaitu: state awal dan state akhir. *State* akhir dapat berupa beberapa *state*, sedangkan state awal tidak boleh lebih dari satu
2. *Arrow*, disimbolkan dengan  *Arrow* sering disebut juga dengan transisi *state* yang diberi label dengan ekspresi aturan, label tersebut menunjukkan kejadian yang menyebabkan transisi terjadi.
3. *Condition* dan *Action*, disimbolkan dengan



**Gambar 2.1 Kondisi dan Aksi pada STD**

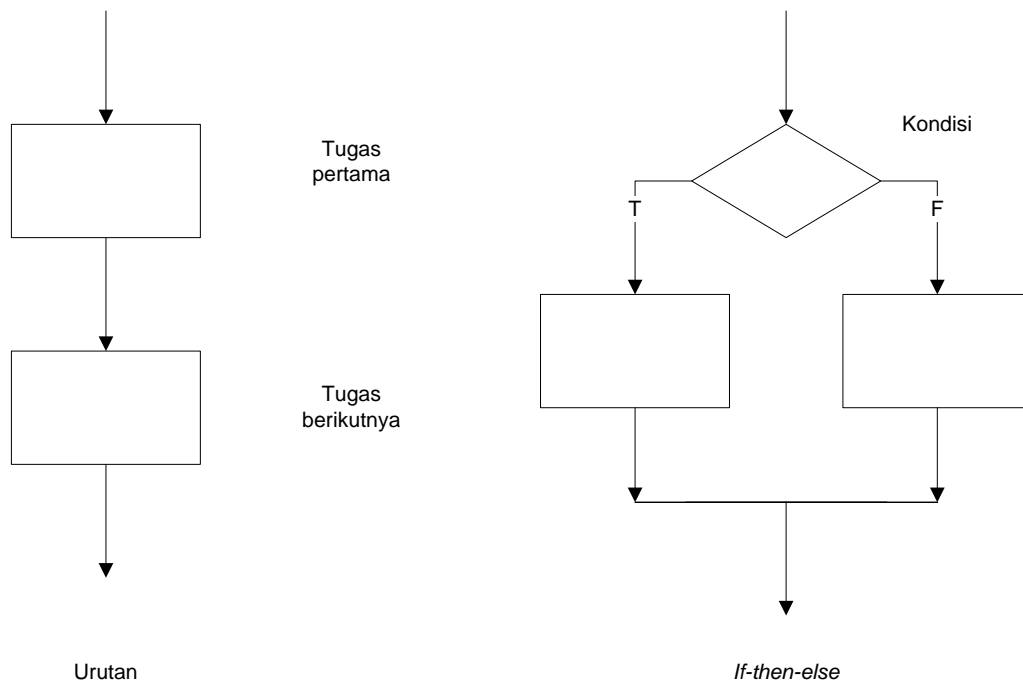
Untuk melengkapi STD diperlukan dua hal lagi yaitu *condition* dan *action* seperti dapat dilihat pada gambar di atas. *Condition* adalah suatu *event* pada lingkungan eksternal yang dapat dideteksi oleh sistem, sedangkan *action* adalah yang dilakukan oleh sistem bila terjadi perubahan *state* atau merupakan reaksi terhadap kondisi. Aksi akan menghasilkan keluaran atau tampilan.

### 2.6.3 Diagram Alir (*Flowchart*)

Menurut Roger S. Pressman (2002, p476) *flowchart* atau diagram alir merupakan urutan semua proses yang harus dijalankan untuk mencapai tujuan yang diinginkan



dalam sebuah sistem. Flowchart secara gambar sangat sederhana. Sebuah kotak digunakan untuk mengindikasikan suatu langkah pemrosesan. Diamond (belah ketupat) merepresentasikan suatu kondisi logis, dan anak panah memperlihatkan aliran kontrol, sedangkan *input* dan *output* pada proses tersebut digambarkan dengan bentuk jajar genjang.



**Gambar 2.2 Konstruksi *Flowchart***

Konstruksi *flowchart* di atas merupakan sebagian dari seluruh pemrosesan yang digambarkan dengan suatu kondisi dalam proses. Pada gambar konstruksi *flowchart* di atas, urutan direpresentasikan sebagai dua kotak pemrosesan yang disambungkan dengan sebuah garis (anak panah) kontrol. Kondisi yang juga disebut sebagai *if-then-else* digambarkan sebagai diamond keputusan yang bila bernilai *true* akan menyebabkan pemrosesan bagian *then*, dan bila *false* akan menyebabkan dikerjakan bagian *else*.

#### 2.6.4 Perancangan layar

Rancangan layar digunakan sebagai “cetak-biru” untuk membuat tampilan layar program yang sesungguhnya. Rancangan layar dibuat sedemikian rupa agar memudahkan pengguna (*user*) berinteraksi dengan program aplikasi yang dibuat penulis. Ciri utama perancangan layar yang baik adalah mudah digunakan dan *user friendly* (mudah digunakan oleh pengguna bahkan oleh pengguna yang awam sekalipun).

Beberapa pedoman yang disarankan untuk digunakan dalam merancang tampilan data yang baik menurut Smith dan Mosier yang dikutip oleh Shneiderman (1998, p80) yaitu:

1. Konsistensi tampilan data, istilah, singkatan, format dan sebagainya harus standar
2. Beban ingatan yang sesedikit mungkin bagi pengguna. Pengguna tidak perlu mengingat informasi dari layer yang satu ke layer yang lain
3. Kompatibilitas tampilan data dengan pemasukan data. Format tampilan informasi perlu berhubungan erat dengan tampilan pemasukan data.
4. Fleksibilitas kendali pengguna terhadap data. Pemakai harus dapat memperoleh informasi dari tampilan dalam bentuk yang paling memudahkan.