

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Peradangan secara Umum

Peradangan (bahasa Inggris: *inflammation*) adalah rangkaian reaksi yang terjadi pada tempat jaringan yang mengalami cedera, seperti luka pada kulit luar ataupun anggota badan bagian dalam (organ tubuh) yang terkontaminasi sehingga terjadi peradangan (inflamasi) atau infeksi. Peradangan atau inflamasi adalah satu dari respon utama sistem kekebalan tubuh terhadap suatu bentuk infeksi maupun iritasi. Inflamasi dipacu (distimulasi) oleh faktor kimia (*histamin, bradikinin, serotonin, leukotrien, dan prostaglandin*) yang dilepaskan oleh sel yang berperan sebagai mediator peradangan di dalam sistem kekebalan untuk melindungi jaringan sekitar dari penyebaran infeksi.

Peradangan mempunyai tiga peran penting dalam perlawanan terhadap suatu infeksi:^[1]

- a. Memungkinkan penambahan molekul dan sel efektor ke lokasi infeksi untuk meningkatkan performa makrofag.
- b. Menyediakan dinding (rintangan) untuk mencegah penyebaran infeksi.
- c. Mencetuskan proses perbaikan untuk jaringan yang rusak.

2.1.1 Bagaimana Peradangan Menyebar

Respon peradangan dapat dikenali dari rasa sakit, kulit lebam, demam dll, yang disebabkan oleh perubahan pada pembuluh darah di area infeksi seperti:

- a. Pembesaran diameter pembuluh darah, disertai peningkatan aliran darah di daerah infeksi. Hal ini dapat menyebabkan kulit tampak lebam kemerahan dan penurunan tekanan darah terutama pada pembuluh kecil.
- b. Aktivasi molekul adesif untuk merekatkan endotel dengan pembuluh darah.

- c. Kombinasi dari turunnya tekanan darah dan aktivasi molekul adesif, akan memungkinkan sel darah putih bermigrasi ke *endotelium* dan masuk ke dalam jaringan. Proses ini dikenal sebagai ekstravasasi.



Gambar 2.1 Radang Kulit

Sumber : <http://id.wikipedia.org/wiki/Radang>

2.1.2 Sifat Sel Radang

Secara umum sel radang memiliki sifat-sifat :

1. Sel Polimorfonukles netrofil (Mikrofag) yang terdiri dari :
 - a. Netrofil.

Netrofil : utama untuk Fagositosis. Dibantu zat-zat anti, mempererat kontak leukosit-bakteri. Merupakan pertahanan pertama karena dapat bermigrasi dengan segera dan dalam jumlah yang besar. Tidak berdaya pada kuman-kuman tertentu seperti tuberkulosis.

- b. Eosinofil.

Eosinofil : jumlahnya bertambah dalam keadaan alergi, asthma, hipersensitif, terhadap kedatangan parasit terutama cacing. Kemotaksis dan fagositosis lebih rendah dari netrofil.

- c. Sel Fagositik besar berinti bulat (Makrofag) yang terdiri dari :
 - a. Dalam darah : Monosit (sebagian juga dari jaringan).
 - b. Dalam Jaringan : Makrofag, histiosit, sel kupffer, sel retikuendotel, sel datia.

1. Sel Kupffer : Makrofag yang melapisi sinus-sinus pada hati, daya fagosit sangat besar sehingga darah yang melalui hati menjadi steril.
2. Sel Retikuloendotel : Sel yang melapisi sinus-sinus kelenjar getah bening, sumsum tulang dan limfa.
3. Sel Datia : Sel besar berinti banyak, perubahan dari makrofag pada keadaan-keadaan tertentu ; beberapa sel bersatu karena pembelahan inti yang tidak disertai pembelahan protoplasma.
 - a. Limfosit : Sel yang dapat menghasilkan gammaglobulin (bagian protein dari zat ahli), meningkat pada radang menahun.
 - b. Sel Plasma : Sel yang tidak terdapat didalam darah, membuat gammaglobulin yang berfungsi sebagai zat ahli.

Bagian tubuh yang mengalami peradangan memiliki tanda-tanda sebagai berikut:

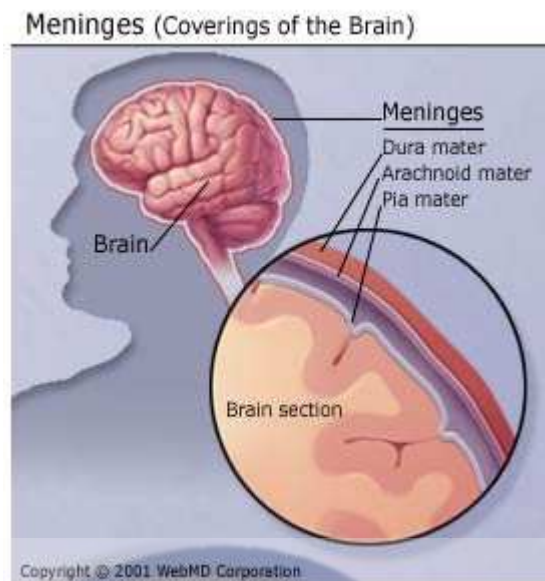
1. Tumor atau pembengkakan.
Pembengkakan lokal yang disebabkan perpindahan cairan dan sel-sel dari aliran darah ke jaringan interstisial.
2. Kalor atau panas.
Terjadi bersamaan dengan rubor karena lebih banyak darah (pada suhu 37°C) dialirkan dari dalam tubuh ke permukaan daerah yang terkena dibandingkan kedaerah yang normal.
3. Dolor atau nyeri.
Terjadi karena pembengkakan jaringan yang meradang sehingga menimbulkan peningkatan tekanan lokal yang dapat menyebabkan nyeri.
4. Rubor atau memerah.
Merupakan tanda pertama yang ditemukan didaerah radang, disebabkan oleh arteriol yang berdilatasi.
5. Functio laesa atau daya pergerakan menurun dan kemungkinan disfungsi organ atau jaringan.
Bagian yang bengkak, nyeri disertai sirkulasi yang abnormal dan lingkungan kimiawi lokal yang abnormal, akhirnya berfungsi secara abnormal.

2.2 Peradangan Selaput Otak (Meningitis)

Meningitis adalah infeksi cairan otak disertai peradangan yang mengenai piameter (lapisan dalam selaput otak) dan *arakhnoid* serta dalam derajat yang lebih ringan mengenai jaringan otak dan medula spinalis yang superfisial. Otak secara alami terlindung dari sistem kekebalan tubuh dengan penghalang meninges menciptakan antara aliran darah dan otak. Biasanya, perlindungan ini merupakan keuntungan karena penghalang mencegah tubuh dari menyerang sendiri. Namun, *meningitis*, penghalang bisa menjadi masalah; bakteri sekali atau organisme lain telah menemukan cara mereka ke otak, mereka agak terisolasi dari sistem kekebalan tubuh dan dapat menyebar. Ketika tubuh mencoba untuk melawan infeksi, masalah dapat memperburuk; pembuluh darah menjadi bocor dan memungkinkan cairan, sel-sel darah putih, dan berjuang melawan infeksi lain partikel untuk memasukkan *meninges* dan otak. Proses ini, pada gilirannya, menyebabkan pembengkakan otak dan akhirnya dapat menyebabkan penurunan aliran darah ke bagian otak, memperburuk gejala infeksi. ^[31]

Meningitis dibagi menjadi dua golongan berdasarkan perubahan yang terjadi pada cairan otak yaitu *meningitis serosa* dan *meningitis purulenta*. *Meningitis serosa* ditandai dengan jumlah sel dan protein yang meninggi disertai cairan serebrospinal yang jernih. Penyebab yang paling sering dijumpai adalah kuman (bakteri) *Tuberkulosis* dan virus. *Meningitis purulenta* atau *meningitis bakteri* adalah *meningitis* yang bersifat akut dan menghasilkan eksudat berupa pus serta bukan disebabkan oleh bakteri spesifik maupun virus. *Meningitis Meningococcus* merupakan *meningitis purulenta* yang paling sering terjadi.

Penularan kuman dapat terjadi secara kontak langsung dengan penderita dan *Droplet (tetesan) infection* yaitu terkena percikan ludah, dahak, ingus, cairan bersin dan cairan tenggorok penderita. Saluran nafas merupakan *port d'entr ee* (tempat masuk) utama pada penularan penyakit ini. Bakteri-bakteri ini disebarkan pada orang lain melalui pertukaran udara dari pernafasan dan hasil sekresi (pengeluaran) tenggorokan yang masuk secara *hematogen* (melalui aliran darah) ke dalam cairan serebrospinal dan memperbanyak diri didalamnya sehingga menimbulkan peradangan pada selaput otak dan otak.



Gambar 2.2 Meningen Selaput Otak / *Meningitis*

Sumber : <http://www.tdwclub.com/health/radang-selaput-otak-penyakit-meningitis/>

2.2.1 Faktor yang Meningkatkan Terjadinya *Meningitis*.

Meningitis dapat disebabkan oleh virus, bakteri, riketsia, jamur, cacing dan protozoa. Penyebab paling sering adalah virus dan bakteri. *Meningitis* yang disebabkan oleh bakteri berakibat lebih fatal dibandingkan *meningitis* penyebab lain karena mekanisme kerusakan dan gangguan otak yang disebabkan oleh bakteri maupun produk bakteri lebih berat. Agen infeksius dari *meningitis purulenta* mempunyai kecenderungan pada golongan umur tertentu, yaitu golongan *neonatus* paling disebabkan oleh *E.coli*, *S. beta hemolitikus* dan *Listeria* banyak *monositogenes*. Golongan umur 5-20 tahun disebabkan oleh *Haemophilus influenzae*, *Neisseria meningitidis* dan *Streptococcus pneumococcus*, dan pada usia dewasa (>20 tahun) disebabkan oleh *Meningococcus*, *Pneumococcus*, *Stafiloccus*, *Streptococcus* dan *Listeria*. Penyebab *meningitis serosa* yang paling banyak ditemukan adalah kuman *Tuberculosis* dan virus. *Meningitis* yang disebabkan oleh virus mempunyai prognosis yang lebih baik, cenderung jinak dan bisa sembuh sendiri. Penyebab *meningitis* virus yang paling sering ditemukan yaitu *Mumpsvirus*, *Echovirus*, dan *Coxsackie virus*, sedangkan *Herpes simplex*, *Herpes zooster*, dan *Enterovirus* jarang menjadi penyebab *meningitis aseptik* (viral).

2.2.2 Gejala Klinis *Meningitis*

Meningitis ditandai dengan adanya gejala-gejala seperti panas mendadak, letargi, muntah dan kejang. Diagnosis pasti ditegakkan dengan pemeriksaan cairan serebrospinal (CSS) melalui pungsi lumbal.

Meningitis karena virus ditandai dengan cairan serebrospinal yang jernih serta rasa sakit penderita tidak terlalu berat. Pada umumnya, *meningitis* yang disebabkan oleh *Mumpsvirus* ditandai dengan gejala *anoreksia* dan *malaise*, kemudian diikuti oleh pembesaran kelenjar parotid sebelum invasi kuman ke susunan saraf pusat. Pada *meningitis* yang disebabkan oleh *Echovirus* ditandai dengan keluhan sakit kepala, muntah, sakit tenggorok, nyeri otot, demam, dan disertai dengan timbulnya ruam mukopapular yang tidak gatal di daerah wajah, leher, dada, badan, dan ekstremitas. Gejala yang tampak pada *meningitis* *Coxsackie* virus yaitu tampak lesi vasikuler pada palatum, uvula, tonsil, dan lidah dan pada tahap lanjut timbul keluhan berupa sakit kepala, muntah, demam, kaku leher, dan nyeri punggung.

Meningitis bakteri biasanya didahului oleh gejala gangguan alat pernafasan dan *gastrointestinal*. *Meningitis* bakteri pada neonatus terjadi secara akut dengan gejala panas tinggi, mual, muntah, gangguan pernafasan, kejang, nafsu makan berkurang, dehidrasi dan konstipasi, biasanya selalu ditandai dengan *fontanella* yang memuncung. Pada dewasa biasanya dimulai dengan gangguan saluran pernafasan bagian atas, penyakit juga bersifat akut dengan gejala panas tinggi, nyeri kepala hebat, malaise, nyeri otot dan nyeri punggung. Cairan serebrospinal tampak kabur, keruh atau purulen.

Meningitis Tuberkulosa terdiri dari tiga stadium, yaitu stadium I atau stadium prodromal selama 2-3 minggu dengan gejala ringan dan nampak seperti gejala infeksi biasa. Pada orang dewasa terdapat panas yang hilang timbul, nyeri kepala, konstipasi, kurang nafsu makan, *fotofobia*, nyeri punggung, halusinasi, dan sangat gelisah.

Stadium II atau stadium transisi berlangsung selama 1 – 3 minggu dengan gejala penyakit lebih berat dimana penderita mengalami nyeri kepala yang hebat dan kadang disertai kejang terutama pada bayi dan anak-anak. Tanda-tanda

rangsangan *meningeal* mulai nyata, seluruh tubuh dapat menjadi kaku, terdapat tanda-tanda peningkatan intrakranial, ubun-ubun menonjol dan muntah lebih hebat. Stadium III atau stadium terminal ditandai dengan kelumpuhan dan gangguan kesadaran sampai koma. Pada stadium ini penderita dapat meninggal dunia dalam waktu tiga minggu bila tidak mendapat pengobatan sebagaimana mestinya.

2.2.3 Pencegahan *Meningitis*

a. Pencegahan Primer

Tujuan pencegahan primer adalah mencegah timbulnya faktor resiko *meningitis* bagi individu yang belum mempunyai faktor risiko dengan melaksanakan pola hidup sehat. Radang selaput otak (*meningitis*) dapat disembuhkan dengan cara herbal, caranya dengan menggunakan terapi jus, dimana terapi ini tanpa memakai bahan-bahan kimia atau yang dikenal dengan obat-obatan. Aturan yang dipakai antara lain ; 1 gelas jus wortel dan 1/2 gelas jus bayam diminum pada pagi hari; 1 gelas jus wortel, 1/3 gelas jus bit, dan 1/3 gelas jus mentimun diminum pada siang hari; 1 gelas jus wortel, 1/2 gelas jus celery, dan 1/3 gelas jus bayam diminum pada sore hari; 1 gelas jus wortel diminum pada malam hari^[10].

Penyakit radang selaput otak (*meningitis*) disebabkan oleh bakteri *Neisseria meningitidis* (*meningokokus*). Cara penularannya melalui udara, batuk, bersin dari orang yang telah terinfeksi bakteri, atau kontak dengan sekret pernapasan (minum dari gelas yang sama). Gejala penyakitnya berupa demam, sakit kepala, dan tidak enak badan. Penyakit ini lebih sering terdapat di Afrika dan agak jarang dijumpai di Indonesia. Biasanya, para calon jemaah haji diwajibkan menjalani vaksinasi ini tiga minggu sebelum keberangkatan. Vaksinnya diberikan dalam bentuk suntikan, dan bertahan di tubuh selama 2-3 tahun. *Meningitis Meningococcus* dapat dicegah dengan pemberian *kemoprofilaksis* (antibiotik) kepada orang yang kontak dekat atau hidup serumah dengan penderita. Vaksin yang dianjurkan adalah jenis vaksin tetravalen A, C, W135 dan Y. *Meningitis TBC* dapat dicegah dengan meningkatkan sistem kekebalan tubuh dengan cara memenuhi kebutuhan gizi dan pemberian imunisasi BCG. Hunian sebaiknya

memenuhi syarat kesehatan, seperti tidak *over crowded* (luas lantai > 4,5 m² /orang), ventilasi 10-20% dari luas lantai dan pencahayaan yang cukup.

Pencegahan juga dapat dilakukan dengan cara mengurangi kontak langsung dengan penderita dan mengurangi tingkat kepadatan di lingkungan perumahan dan dilingkungan seperti barak, sekolah, tenda dan kapal. *Meningitis* juga dapat dicegah dengan cara meningkatkan *higientias* individu seperti mencuci tangan yang bersih sebelum makan dan setelah dari toilet.

b. Pencegahan Sekunder

Pencegahan sekunder bertujuan untuk menemukan penyakit sejak awal, saat masih tanpa gejala (asimptomatik) dan saat pengobatan awal dapat menghentikan perjalanan penyakit. Pencegahan sekunder dapat dilakukan dengan diagnosis dini dan pengobatan segera. Deteksi dini juga dapat ditingkatkan dengan mendidik petugas kesehatan serta keluarga untuk mengenali gejala awal *meningitis*.

Dalam mendiagnosa penyakit dapat dilakukan dengan pemeriksaan fisik, pemeriksaan cairan otak, pemeriksaan laboratorium yang meliputi test darah dan pemeriksaan X-ray (*rontgen*) paru .

Selain itu juga dapat dilakukan pengawasan ketat terhadap anggota keluarga penderita, rumah penitipan anak dan kontak dekat lainnya untuk menemukan penderita secara dini.

Penderita juga diberikan pengobatan dengan memberikan antibiotik yang sesuai dengan jenis penyebab *meningitis* yaitu :

b.1. Meningitis Purulenta

b.1.1. *Haemophilus influenzae b* : Ampisilin, kloramfenikol, setofaksim, seftriakson.

b.1.2. *Streptococcus pneumonia* : Kloramfenikol , sefuroksim, penisilin, seftriakson.

b.1.3. *Neisseria meningitidies* : Penisilin, kloramfenikol, serufoksim dan seftriakson.

b.2. Meningitis Tuberkulosa

Kombinasi INH, *rifampisin*, dan *pyrazinamide* dan pada kasus yang berat dapat ditambahkan etambutol atau *streptomisin*. Kortikosteroid berupa *prednisone*

digunakan sebagai anti inflamasi yang dapat menurunkan tekanan intrakranial dan mengobati edema otak.

c. Pencegahan Tertier

Pencegahan tertier merupakan aktifitas klinik yang mencegah kerusakan lanjut atau mengurangi komplikasi setelah penyakit berhenti. Pada tingkat pencegahan ini bertujuan untuk menurunkan kelemahan dan kecacatan akibat *meningitis*, dan membantu penderita untuk melakukan penyesuaian terhadap kondisi - kondisi yang tidak diobati lagi, dan mengurangi kemungkinan untuk mengalami dampak neurologis jangka panjang misalnya tuli atau ketidakmampuan untuk belajar. Fisioterapi dan rehabilitasi juga diberikan untuk mencegah dan mengurangi cacat.

2.2.4 Diagnosis *Meningitis*

a. Tes darah dan pencitraan

Pada seseorang dicurigai *meningitis*, tes darah dilakukan untuk penanda peradangan (misalnya *C-reactive* protein, hitung darah lengkap), serta kultur darah. Tes yang paling penting dalam mengidentifikasi atau mengesampingkan *meningitis* adalah analisa cairan serebrospinal melalui pungsi lumbal (LP, spinal tap). Namun, pungsi lumbal merupakan kontraindikasi jika ada massa di otak (tumor atau abses) atau tekanan tinggi intrakranial (TTIK) , karena dapat menyebabkan herniasi otak. Jika seseorang yang berisiko baik massa atau tekanan tinggi intrakranial (TTIK) (cedera kepala terakhir, masalah sistem kekebalan tubuh dikenal, lokalisasi tanda-tanda neurologis, atau bukti pada pemeriksaan dari TTIK, CT scan atau MRI dianjurkan sebelum pungsi lumbal. Hal ini berlaku dalam 45% dari semua kasus dewasa. Jika CT atau MRI diperlukan sebelum LP, atau jika LP terbukti sulit, pedoman profesional menunjukkan bahwa antibiotik harus diberikan pertama untuk mencegah keterlambatan dalam pengobatan, terutama jika ini mungkin lebih dari 30 menit. Seringkali, CT scan atau MRI dilakukan pada tahap berikutnya untuk menilai komplikasi *meningitis*.

b. Lumbar puncture

Sebuah tusukan lumbal dilakukan dengan posisi pasien, biasanya berbaring di samping, menerapkan anestesi lokal, dan memasukkan jarum ke dalam kantung

dural (kantong di sekitar sumsum tulang belakang) untuk mengumpulkan cairan serebrospinal (CSF). Saat ini telah dicapai, "membuka tekanan" dari CSF diukur dengan menggunakan manometer. Tekanan biasanya antara 6 dan 18 cm air (cmH₂O); *meningitis* bakteri tekanan biasanya meningkat. Tampilan awal dari fluida dapat membuktikan indikasi sifat infeksi: berawan CSF menunjukkan tingkat yang lebih tinggi protein, sel darah putih dan merah dan / atau bakteri, dan karena itu mungkin menyarankan *meningitis* bakteri. Gram noda *meningococcus* dari budaya menunjukkan bakteri Gram negatif (merah muda), sering di pasang. Sampel CSF diperiksa untuk kehadiran dan jenis sel darah putih, sel darah merah, kandungan protein dan tingkat glukosa. Gram staining sampel mungkin menunjukkan *meningitis* bakteri, tetapi tidak adanya bakteri tidak mengesampingkan *meningitis* bakteri karena mereka hanya terlihat dalam 60% kasus; angka ini dikurangi dengan 20% lebih jauh jika antibiotik diberikan sebelum sampel diambil, dan pewarnaan Gram juga kurang dapat diandalkan dalam infeksi tertentu seperti *Listeria*. Budaya mikrobiologis sampel lebih sensitif (itu mengidentifikasi organisme dalam 70-85% kasus) tetapi hasilnya bisa memakan waktu hingga 48 jam untuk menjadi tersedia. Jenis sel darah putih terutama hadir memprediksi apakah *meningitis* disebabkan oleh infeksi bakteri atau virus.

Konsentrasi glukosa dalam CSF biasanya di atas 40% bahwa dalam darah. Dalam *meningitis* bakteri itu biasanya lebih rendah, tingkat glukosa CSF karena dibagi dengan glukosa darah (glukosa CSF rasio glukosa serum). Rasio $\leq 0,4$ adalah indikasi *meningitis* bakteri; pada bayi baru lahir, tingkat glukosa dalam CSF biasanya lebih tinggi, dan rasio di bawah 0,6 (60%) karena itu dianggap normal. Tingginya kadar laktat dalam CSF mengindikasikan kemungkinan lebih tinggi *meningitis* bakteri, seperti halnya jumlah sel darah putih yang lebih tinggi.

Berbagai tes yang lebih khusus dapat digunakan untuk membedakan antara berbagai jenis *meningitis*. Sebuah tes aglutinasi lateks dapat positif dalam *meningitis* yang disebabkan oleh *Streptococcus pneumoniae*, *Neisseria meningitidis*, *Haemophilus influenzae*, *Escherichia coli* dan *Streptococcus grup B*; penggunaan rutin tidak dianjurkan karena jarang menyebabkan perubahan dalam

pengobatan, tetapi dapat digunakan jika tes lainnya tidak diagnostik. Demikian pula, uji lisat *Limulus* mungkin positif dalam *meningitis* yang disebabkan oleh bakteri Gram-negatif, tapi itu adalah penggunaan terbatas kecuali tes lainnya telah membantu. *Polymerase chain reaction (PCR)* adalah teknik yang digunakan untuk memperkuat jejak kecil DNA bakteri untuk mendeteksi keberadaan DNA bakteri atau virus dalam cairan serebrospinal, yang merupakan tes yang sangat sensitif dan spesifik karena jumlah satunya jejak DNA agen menginfeksi adalah diperlukan. Ini dapat mengidentifikasi bakteri *meningitis* bakteri dan dapat membantu dalam membedakan berbagai penyebab *meningitis* virus (*enterovirus*, herpes simplex virus 2 dan gondok pada mereka yang tidak divaksinasi untuk ini). Serologi (identifikasi antibodi terhadap virus) mungkin berguna pada *meningitis* virus. Jika *meningitis* tuberkulosis dicurigai, sampel diproses untuk pewarnaan Ziehl-Neelsen, yang memiliki sensitivitas rendah, dan budaya TB, yang membutuhkan waktu lama untuk proses; PCR sedang digunakan semakin.

2.2.5 Perawatan dan Penanganan

Pemeriksaan Radiologis

- a. Pada *Meningitis Serosa* dilakukan foto dada, foto kepala, bila mungkin dilakukan CT Scan.
- b. Pada *Meningitis Purulenta* dilakukan foto kepala (periksa mastoid, sinus paranasal, gigi geligi) dan foto dada.

2.2.6 Distribusi Frekuensi *Meningitis*

1. Orang/ Manusia

Sejak pertengahan tahun 1980-an, setelah adanya vaksin untuk anak, pasien *meningitis* bergeser dari usia 15 bulan sampai 25 tahun. Orang yang tinggal perumahan yang padat penduduk, siswa yang tinggal di asrama, personil di pangkalan militer akan meningkatkan risiko *meningitis*. Hal ini karena penyebaran penyakit menjadi lebih cepat bila sekelompok orang berkumpul. *H influenzae* adalah kecil, pleomorfik, gram *negatif coccobacilli* yang sering ditemukan sebagai bagian dari flora normal dalam saluran pernapasan atas manusia. Hal ini dapat menyebar dari satu orang ke orang lain melalui tetesan udara atau kontak langsung dengan sekresi. Pada pasien *HIV-positive/AIDS*,

pertimbangkan *cryptococci*, *Mycobacterium tuberculosis*, sifilis, HIV meningitis aseptik, dan spesies *Listeria*. Jika patogen diketahui setelah pemeriksaan ED, menggambar antigen serum / CSF kriptokokus dan memperlakukan secara empiris seperti pada orang dewasa lebih tua dari 50 tahun (hasil yang tertunda dari semua tes darah dan CSF) untuk menutupi patogen bakteri, terutama *S pneumoniae* dan *L monocytogenes*, untuk yang ini populasi pasien yang paling berisiko. Pengguna obat immunosuppresan juga lebih rentan terhadap meningitis. Sekitar 25 persen orang yang terkena *meningitis* memiliki gejala yang berkembang selama 24 jam. Selebihnya, akan menjadi sakit selama 1 hingga 7 hari. Terkadang, jika seseorang mengonsumsi antibiotik untuk infeksi lain, gejala dapat berkembang lebih lama.

2. Tempat

Amerika Serikat pada tahun 1981 *Insidens Rate meningitis* virus sebesar 10,9 per 100.000 Penduduk. Risiko penularan *meningitis* umumnya terjadi pada keadaan sosio-ekonomi rendah, lingkungan yang padat (seperti asrama, kamp-kamp tentara dan jemaah haji), dan penyakit ISPA. Penyakit *meningitis* banyak terjadi pada negara yang sedang berkembang dibandingkan pada negara maju. Insidensi tertinggi terjadi di daerah yang disebut dengan *the African Meningitis belt*, yang luas wilayahnya membentang dari Senegal sampai ke Ethiopia meliputi 21 negara. Kejadian penyakit ini terjadi secara sporadis dengan *Insidens Rate* 1-20 per 100.000 penduduk dan diselingi dengan KLB besar secara periodik. Di daerah Malawi, Afrika pada tahun 2002 rata-rata insidensi *meningitis* yang disebabkan oleh *Haemophilus influenzae* sekitar 20-40 per 100.000 penduduk. Pekerjaan yang selalu berhubungan dengan hewan, seperti peternak, juga memiliki risiko tinggi tertular listeria, yang dapat mengakibatkan *meningitis*.

3. Waktu

Pada tahun 1981 *Insidens Rate meningitis* virus sebesar 10,9 per 100.000 Penduduk dan sebagian besar kasus terjadi pada musim panas. Virus ini biasanya menyebar melalui rute fekal-oral atau pernafasan, infeksi terjadi selama musim panas dan gugur di daerah beriklim sedang dan sepanjang tahun di daerah tropis. Kejadian *meningitis* lebih sering terjadi pada musim panas dimana kasus-kasus infeksi saluran pernafasan juga meningkat. Di Eropa dan Amerika utara insidensi

infeksi bakteri *meningitis* lebih tinggi pada musim dingin dan musim semi sedangkan di daerah Sub-Sahara puncaknya terjadi pada musim kering.

2.3 Sistem Pakar

2.3.1 Apa Sistem Pakar?[1]

Professor Edward Feigenbaum dari Universitas Stanford yang merupakan seorang pelopor awal dari teknologi sistem pakar, yang mendefinisikan sistem pakar sebagai "...suatu program komputer cerdas yang menggunakan pengetahuan dan prosedur inferensi untuk menyelesaikan masalah sehingga membutuhkan seorang yang ahli untuk menyelesaikannya.". Suatu sistem pakar adalah suatu sistem komputer yang menyamai (*emulates*) kemampuan pengambilan keputusan dari seorang pakar. Istilah *emulates* adalah bahwa sistem pakar diharapkan dapat bekerja dalam semua hal seperti seorang pakar.

Sistem pakar atau *expert system* adalah suatu cabang dari disiplin ilmu computer yang berdasarkan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*). *Artificial Intelligence* adalah sebuah rancangan program yang memungkinkan komputer melakukan suatu tugas atau mengambil keputusan dengan meniru cara berpikir dan penalaran manusia. Diharapkan dengan perancangan *Artificial Intelligence* yang baik peran manusia dapat diminimalkan dan meringankan beban kerja manusia. Cara kerja *Artificial Intelligence* adalah menerima *input* untuk kemudian diproses dan kemudian mengeluarkan *output* yang berupa suatu keputusan.

Ada beberapa mendasar mengapa sistem pakar dikembangkan untuk menggantikan seorang pakar, diantaranya:

1. Dapat menyediakan kepakaran setiap waktu dan di berbagai lokasi.
2. Secara otomatis mengerjakan tugas-tugas rutin yang membutuhkan seorang pakar.
3. Seorang pakar akan pensiun atau pergi.
4. Seorang pakar adalah mahal.
5. Kepakaran dibutuhkan juga pada lingkungan yang tidak bersahabat.

2.3.2 Karakteristik Sistem Pakar

Sistem pakar memiliki 10 karakteristik yang harus dipenuhi dalam rancangannya, kesepuluh karakteristik sistem pakar tersebut adalah :

1. Mendukung proses pengambilan keputusan.
2. Adanya *human interface*, dimana user tetap mengontrol proses pengambilan keputusan.
3. Mendukung pengambilan keputusan untuk membahas masalah terstruktur, semi terstruktur dan tidak terstruktur.
4. Menggunakan model matematis dan statistik yang sesuai.
5. Interaktif, memiliki kapabilitas dialog untuk memperoleh informasi sesuai kebutuhan.
6. *Output* bisa digunakan oleh banyak orang secara umum.
7. Modularitas, memiliki subsistem-subsistem yang terintegrasi sedemikian rupa sehingga dapat berfungsi sebagai kesatuan sistem.
8. Membutuhkan struktur data komprehensif yang dapat melayani kebutuhan informasi seluruh tingkatan manajemen.
9. *User friendly* dan fleksibel, mudah digunakan dan memungkinkan *user* untuk memilih atau mengembangkan pendekatan-pendekatan baru.
10. Kemampuan sistem beradaptasi secara cepat, dimana pengambilan keputusan dapat menghadapi masalah-masalah baru.

2.3.3 Cara Kerja Sistem Pakar

Sistem pakar menggunakan basis pengetahuan (*knowledge base*) sebagai dasar pemikirannya. *Knowledge base* tersebut terdiri dari heuristik dan sejumlah aturan-aturan yang tersusun secara sistematis dan spesifik dalam pengambilan keputusan. *Knowledge base* tersebut disimpan dalam sebuah basis data pada suatu tempat penyimpanan data.

Sedangkan sebagai otak atau pusat pemrosesannya adalah *interface engine*, yaitu suatu rancangan aplikasi yang berfungsi untuk memberikan pertanyaan dan menerima *input* dan *user*. Kemudian melakukan proses logika sesuai dengan *knowledge base* yang tersedia, untuk selanjutnya menghasilkan

output berupa suatu kesimpulan atau bisa juga berupa keputusan sebagai hasil akhir dari konsultasi.

Knowledge acquisition source berfungsi sebagai penterjemah dari *knowledge base* menjadi sebuah bahasa yang dapat dimengerti oleh user. *Knowledge acquisition source* diperlukan karena *knowledge base* yang disimpan dalam sebuah format yang tidak bisa diartikan oleh *user*.

Disk/working memory adalah sebuah modul *memory* yang menyimpan informasi sementara dari suatu proses konsultasi. Setiap proses yang baru dijalankan, maka *memory* tersebut akan di set ke kondisi awal. Dalam menjalani proses, *memory* tersebut menyimpan informasi *state* dari aturan-aturan yang dipakai dalam *knowledge base*.

Explanation facility menyimpan data-data historis dari sebuah proses konsultasi, yaitu aturan-aturan mana saja yang berperan dalam suatu proses pengambilan keputusan. Data-data historis tersebut dapat dijadikan bahan evaluasi dari hasil kerja sebuah *knowledge based system*.

User memasukkan *input* dan menerima *output* melalui sebuah *interface*, yaitu sebagai sarana penghubung antara *user* dengan sistem.

2.3.4 Keuntungan dan Kelemahan

Sistem pakar merupakan paket perangkat lunak atau paket program komputer yang ditujukan sebagai penyedia nasehat dan sarana bantu dalam memecahkan masalah di bidang-bidang spesialisasi tertentu.

A. Ada beberapa keunggulan sistem pakar, diantaranya dapat :

1. Menghimpun data dalam jumlah yang sangat besar.
2. Menyimpan data tersebut untuk jangka waktu yang panjang dalam suatu bentuk tertentu.
3. Mengerjakan perhitungan secara cepat dan tepat dan tanpa jemu mencari kembali data yang tersimpan dengan kecepatan tinggi.

B. Kemampuan sistem pakar, diantaranya adalah :

1. Menjawab berbagai pertanyaan yang menyangkut bidang keahliannya.
2. Bila diperlukan dapat menyajikan asumsi dan alur penalaran yang digunakan untuk sampai ke jawaban yang dikehendaki.

3. Menambah fakta kaidah dan alur penalaran yang baru ke dalam otaknya.
- C. Ada banyak keuntungan bila menggunakan sistem pakar, diantaranya adalah :
1. Menjadikan pengetahuan dan nasehat mudah didapat.
 2. Meningkatkan *output* dan produktivitas.
 3. Menyimpan kemampuan dan keahlian pakar.
 4. Meningkatkan penyelesaian masalah – menerusi paduan pakar, penerangan, sistem pakar khas.
 5. Meningkatkan realibilitas.
 6. Memberikan respon (jawaban) yang cepat.
 7. Merupakan paduan yang *intelligence* (cerdas).
 8. Dapat bekerja dengan informasi yang kurang lengkap dan mengandung ketidakpastian.
 9. *Intelligence database* (basis data cerdas), bahwa sistem pakar dapat digunakan untuk mengakses basis data dengan cara cerdas.
- D. Selain keuntungan-keuntungan, sistem pakar juga memiliki kelemahan, diantaranya adalah :
1. Masalah dalam mendapat pengetahuan dimana pengetahuan tidak selalu bisa didapatkan dengan mudah karena kadang kala pakar dari masalah yang kita buat tidak ada, dan kalau ada kadang-kadang pendekatan yang dimiliki oleh pakar berbeda-beda.
 2. Untuk membuat sistem pakar yang benar-benar berkualitas tinggi sangatlah sulit dan memerlukan biaya yang sangat besar untuk pengembangan dan pemeliharaannya.
 3. Boleh jadi sistem tak dapat membuat keputusan.
 4. Sistem pakar tidak 100% menguntungkan, walaupun seorang tidak sempurna atau tidak selalu benar. Oleh karena itu perlu diuji ulang secara teliti sebelum digunakan. Dalam hal ini peran manusia tetap merupakan faktor dominan.

2.3.5 Ciri-ciri Kategori Masalah Sistem Pakar

Sistem pakar merupakan program-program praktis yang menggunakan strategi heuristik yang dikembangkan oleh manusia untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang spesifik.

Disebabkan oleh keheuristikannya dan sifatnya yang berdasarkan pada pengetahuan, maka umumnya sistem pakar bersifat:

1. Memiliki informasi yang handal, baik dalam menampilkan langkah-langkah maupun dalam menjawab pertanyaan-pertanyaan tentang proses penyelesaian.
2. Mudah dimodifikasi, yaitu dengan menambah atau menghapus suatu kemampuan dari basis pengetahuannya.
3. Heuristik dalam menggunakan pengetahuan (yang sering sekali tidak sempurna) untuk mendapatkan penyelesaiannya.
4. Dapat digunakan dalam berbagai jenis komputer.
5. Memiliki kemampuan untuk beradaptasi.

Secara umum ada beberapa kategori dan area permasalahan sistem pakar, yaitu :

1. Interpretasi, yaitu pengambilan keputusan atau deskripsi tingkat tinggi dari kesimpulan data mentah, termasuk diantaranya juga pengawasan, pengenalan ucapan, analisis citra, interpretasi sinyal, dan beberapa analisis kecerdasan.
2. Proyeksi, yaitu memprediksi akibat-akibat yang dimungkinkan dari situasi-situasi tertentu, diantaranya peramalan, prediksi demografis, peramalan ekonomi, prediksi lalu lintas, estimasi hasil, militer, pemasaran, atau peramalan keuangan.
3. Diagnosis, yaitu menentukan sebab malfungsi dalam situasi kompleks yang didasarkan pada gejala-gejala yang teramati, diantaranya medis, elektronis, mekanis dan diagnosis perangkat lunak.
4. Desain, yaitu menentukan konfigurasi komponen-komponen sistem yang cocok dengan tujuan-tujuan kinerja tertentu yang memenuhi kendala-kendala tertentu, diantaranya layout sirkuit dan perancangan bangunan.
5. Perencanaan, yaitu merencanakan serangkaian tindakan yang akan dapat mencapai sejumlah tujuan dengan kondisi awal tertentu, diantaranya

perencanaan keuangan, komunikasi militer, pengembangan produk, routing dan manajemen proyek.

6. *Monitoring*, yaitu membandingkan tingkah laku suatu sistem yang teramati dengan tingkah laku yang diharapkan, diantaranya *Computer Aided Monitoring System*.
7. *Debugging* dan *repair*, yaitu menentukan dan mengimplementasikan cara-cara untuk mengatasi malfungsi, diantaranya memberikan resep obat terhadap suatu kegagalan.
8. *Intruksi*, yaitu mendeteksi dan mengoreksi definesi dalam pemahaman domain subjek, diantaranya melakukan instruksi untuk diagnosis, *debugging* dan perbaikan kinerja.
9. Pengendalian, yaitu mengatur tingkah laku suatu *environment* yang kompleks seperti control terhadap interpretasi-interpretasi, prediksi, perbaikan dan *monitoring* sistem.
10. Seleksi, mengidentifikasi pilihan terbaik dari sekumpulan kemungkinan.
11. Simulasi, pemodelan interaksi antara komponen-komponen sistem.

2.4 Metode Pembangunan Sistem

2.4.1 Metode *Certainty Factor* (faktor kepastian)

Dalam menghadapi suatu permasalahan sering ditemukan jawaban yang tidak memiliki kepastian penuh. Ketidakpastian ini dapat berupa probabilitas atau kebolehjadian yang tergantung dari hasil suatu kejadian. Hasil yang tidak pasti disebabkan oleh dua faktor, yaitu aturan yang tidak pasti dan jawaban pengguna yang tidak pasti atas suatu pertanyaan yang diajukan oleh system. Hal ini sangat mudah dilihat pada system diagnosis penyakit, dimana pakar tidak dapat mendefinisikan hubungan antara gejala dengan penyebabnya secara pasti, dan penderita tidak dapat merasakan suatu gejala dengan pasti pula. Pada akhirnya akan ditemukan banyak kemungkinan diagnosa.

Dalam aplikasi sistem pakar terdapat suatu metode untuk menyelesaikan masalah ketidakpastian data. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *certainty factor* (faktor kepastian). *Certainty factor* diperkenalkan oleh Shortliffe Buchanan dalam pembuatan MYCIN (sistem pakar untuk diagnosis dan

pengobatan meningitis dan infeksi darah) Wesley, 1984. *Certainty factor* merupakan nilai parameter klinis yang diberikan MYCIN untuk menunjukkan besarnya kepercayaan.

Ada dua macam faktor kepastian yang digunakan yaitu [4] :

1. Faktor kepastian yang diisikan oleh pakar bersama dengan aturan faktor kepastian yang diberikan oleh pengguna. Faktor kepastian yang diisikan oleh pakar menggambarkan kepercayaan pakar terhadap hubungan antara antecedent dan konsukuen pada aturan kaidah produksi.
2. Sementara itu faktor kepastian dari pengguna menunjukkan besarnya kepercayaan terhadap keberadaan masing-masing elemen dalam *antecedent*.

Certainty factor didefinisikan sebagai berikut :

$$CF[h,e] = MB[h,e] - MD[h,e]$$

(1)

dengan:

CF[h,e] = faktor kepastian

MB[h,e] = ukuran kepercayaan terhadap hipotesis h, jika diberikan *evidence* e (antara 0 dan 1)

MD[h,e] = ukuran ketidakpercayaan terhadap hipotesis h, jika diberikan *evidence* e (antara 0 dan 1)

Evidence = peristiwa/fakta

Contoh :

Pada pengujian satu gejala untuk satu jenis gangguan ini, percobaan akan menggunakan gejala pengguna DES aktif dengan kemungkinan mengalami terdeksinya meningitis dengan nilai MB = 0.75 dan MD = 0.25.

Berdasarkan data diatas, apabila menggunakan perhitungan maka perhitungannya sebagai berikut :

$$CF[\text{meningitis, pengguna DES aktif}] = 0.75 - 0.25 = 0.5$$

Maka sebanyak 50% jika seorang dengan keluhan seperti diatas bisa terkena penyakit meningitis.

Ada 3 hal yang mungkin terjadi pada CF :

1. Beberapa *evidence* dikombinasikan untuk menentukan CF dari suatu hipotesa.

Jika e_1 dan e_2 adalah observasi, maka :

$$MB[h, e_1 \wedge e_2] = \begin{cases} MB[h, e_1] + MB[h, e_2] * (1 - MB[h, e_1]) \\ 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$MD[h, e_1 \wedge e_2] = \begin{cases} MD[h, e_1] + MD[h, e_2] * (1 - MD[h, e_1]) \\ 0 \end{cases} \quad (3)$$

Contoh :

Pada pengujian satu gejala beberapa gangguan ini, percobaan akan menggunakan gejala siklus sakit kepala parah dengan kemungkinan akan mengalami penyakit diantaranya adalah : Kaku kuduk dengan nilai $MB = 0.95$ dan $MD = 0.01$, *Fonofobia* dengan nilai $MB = 0.85$ dan $MD = 0.1$, Demam dengan nilai $MB = 0.93$ dan $MD = 0.01$, meningitis = 0.85 dan $MD = 0.1$.

Berdasarkan data diatas, apabila menggunakan perhitungan maka perhitungannya sebagai berikut :

$$CF[\text{Kaku kuduk, siklus sakit kepala parah}] = 0.95 - 0.01 = 0.94$$

$$CF[\text{Fonofobia, siklus sakit kepala parah}] = 0.85 - 0.1 = 0.75$$

$$CF[\text{Demam, siklus sakit kepala parah}] = 0.93 - 0.01 = 0.92$$

$$CF[\text{Meningitis, siklus sakit kepala parah}] = 0.85 - 0.1 = 0.75$$

Berdasarkan gejala yang paling umum meningitis - terjadi di hampir 94% kasus meningitis bakteri, diikuti oleh kaku kuduk (ketidakmampuan untuk flex leher maju secara pasif karena otot leher meningkat dan kekakuan).

2. CF dihitung dari kombinasi beberapa hipotesa, jika h_1 dan h_2 adalah hipotesa maka :

$$MB[h_1 \wedge h_2, e] = \min(MB[h_1, e], MB[h_2, e]) \quad (4)$$

$$MB[h_1 \vee h_2, e] = \max(MB[h_1, e], MB[h_2, e]) \quad (5)$$

$$\text{MD}[h_1 \wedge h_2, e] = \min(\text{MD}[h_1, e], \text{MB}[h_2, e])$$

(6)

$$\text{MD}[h_1 \vee h_2, e] = \max(\text{MD}[h_1, e], \text{MB}[h_2, e])$$

(7)

$$\text{CF}[h_1 \wedge h_2, e] = \text{MB}[h_1 \wedge h_2, e] - \text{MD}[[h_1 \wedge h_2, e]$$

(8)

$$\text{CF}[h_1 \vee h_2, e] = \text{MB}[h_1 \vee h_2, e] - \text{MD}[[h_1 \vee h_2, e]$$

(9)

Contoh :

Pada pengujian beberapa gejala satu gangguan ini, percobaan akan menggunakan beberapa gejala yaitu : sakit kepala dengan nilai MB = 0.85 dan MD = 0.1, sering kejang berulang dengan nilai MB = 0.94 dan MD = 0.01, sering demam dengan nilai MB = 0.93 dan MD = 0.01, sering nyeri tenggorokan dengan nilai MB = 0.8 dan MD = 0.1, *Fonofobia* dengan nilai MB = 0.85 dan MD = 0.1. Lima gejala tersebut kemungkinan penderita mengalami kaku kuduk.

Berdasarkan data diatas, apabila menggunakan perhitungan maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\text{MB}[\text{ kaku kuduk, sakit kepala } \wedge \text{ kejang berulang}]$$

$$= 0.85 + 0.94 * (1 - 0.85) = 0.27$$

$$\text{MD}[\text{ kaku kuduk, sakit kepala } \wedge \text{ kejang berulang}]$$

$$= 0.1 + 0.01 * (1 - 0.01) = 0.11$$

$$\text{MB}[\text{ kaku kuduk, sakit kepala } \wedge \text{ kejang berulang } \wedge \text{ sering demam }]$$

$$= 0.27 + 0.93 * (1 - 0.27) = 0.876$$

$$\text{MD}[\text{ kaku kuduk, sakit kepala } \wedge \text{ kejang berulang } \wedge \text{ sering demam }]$$

$$= 0.11 + 0.01 * (1 - 0.11) = 0.1069$$

$$\text{MB}[\text{ kaku kuduk, sakit kepala } \wedge \text{ kejang berulang } \wedge \text{ sering demam } \wedge \text{ sering nyeri tenggorokan }]$$

$$= 0.876 + 0.8 * (1 - 0.876) = 0.2078$$

$$\text{MD}[\text{ kaku kuduk, sakit kepala } \wedge \text{ kejang berulang } \wedge \text{ sering demam } \wedge \text{ sering nyeri tenggorokan}]$$

$$= 0.1069 + 0.1 * (1 - 0.1069) = 0.1847$$

MB[kaku kuduk,sakit kepala ^ kejang berulang ^ sering demam ^ sering nyeri tenggorokan ^ *Fonofobia*]

$$= 0.2078 + 0.85 * (1 - 0.2078) = 0.8379$$

MD[kaku kuduk,sakit kepala ^ kejang berulang ^ sering demam ^ sering nyeri tenggorokan ^ *Fonofobia*]

$$= 0.1847 + 0.1 * (1 - 0.1847) = 0.2321$$

CF[kaku kuduk,sakit kepala ^ kejang berulang ^ sering demam ^ sering nyeri tenggorokan ^ *Fonofobia*]

$$= 0.8379 - 0.2321 = 0.6058$$

Berdasarkan perhitungan tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa penderita dengan gangguan sakit kepala, sering kejang berulang, sering demam dan sering nyeri tenggorokan dan *Fonofobia* 60% kemungkinan terkena kaku kuduk.

3. Beberapa aturan saling bergandengan, ketidakpastian dari suatu aturan menjadi *input* untuk aturan yang lainnya, maka :

$$MB[h,s] = MB[h,s] * \max (0,CF[s,e])$$

(10)

Dengan MB[h,s] adalah ukuran kepercayaan h berdasarkan keyakinan penuh terhadap validitas s.

2.4.2 Kelebihan dan Kekurangan Metode *Certainty Factor*

Kelebihan metode *certainty factor* adalah:

1. Perhitungan dengan menggunakan metode ini dalam sekali hitung hanya dapat mengolah 2 data saja sehingga keakuratan data dapat terjaga.
2. Metode ini cocok dipakai dalam sistem pakar untuk mengukur sesuatu apakah pasti atau tidak pasti dalam mendiagnosis penyakit sebagai salah satu contohnya.
3. Metode *certainty factor* memberikan alternatif kepada para pengembang sistem pakar dalam memperoleh nilai faktor kepastian dari pengguna. Dengan menerapkan metode ini dalam sistem pakar maka nilai *certainty factor* pengguna menjadi lebih akurat sehingga kesimpulan dari sistem pakar juga menjadi lebih bisa dipertanggungjawabkan. Selain itu dengan penerapan

metode ini dalam sistem pakar juga akan membuat aplikasi sistem pakar lebih user friendly.

Kekurangan metode *certainty factor* adalah:

1. Ide umum dari pemodelan ketidakpastian manusia dengan menggunakan numerik metode *certainty factor* biasanya diperdebatkan. Sebagian orang akan membantah pendapat bahwa formula untuk metode *certainty factor* diatas memiliki sedikit kebenaran.
2. Metode ini hanya dapat mengolah ketidakpastian/kepastian hanya 2 data saja. Perlu dilakukan beberapa kali pengolahan data untuk data yang lebih dari 2 buah.

