



Hak cipta dan penggunaan kembali:

Lisensi ini mengizinkan setiap orang untuk menggubah, memperbaiki, dan membuat ciptaan turunan bukan untuk kepentingan komersial, selama anda mencantumkan nama penulis dan melisensikan ciptaan turunan dengan syarat yang serupa dengan ciptaan asli.

Copyright and reuse:

This license lets you remix, tweak, and build upon work non-commercially, as long as you credit the origin creator and license it on your new creations under the identical terms.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pakar

Sistem pakar adalah sebuah program komputer yang melakukan simulasi terhadap proses berpikir dari seorang pakar manusia untuk menyelesaikan suatu masalah keputusan yang kompleks pada suatu *domain* atau bidang tertentu (Badiru, 2002, pp. 14).

Terdapat beberapa komponen yang diperlukan untuk membangun sebuah aplikasi sistem pakar yang baik, antara lain sebagai berikut (Hartati, 2008).

1. Antar Muka Pengguna (*User Interface*).

Sistem pakar menggantikan seorang pakar yang sesungguhnya dan dalam situasi tertentu, pengguna dari sistem pakar adalah orang yang tidak memahami masalah teknis. Karena itu, sistem pakar harus menyediakan pendukung seperti komunikasi antar sistem dan pemakainya (*user*) yang disebut sebagai antar muka pengguna. Antar muka yang efektif dan ramah penggunaan (*user friendly*) sangat diperlukan terutama untuk pengguna yang tidak memahami bidang yang diterapkan pada sistem pakar.

2. Basis Pengetahuan (*Knowledge Base*).

Basis pengetahuan berisi kumpulan pengetahuan mengenai bidang pakar tertentu. Kumpulan pengetahuan diambil dari akumulasi pengetahuan pakar dan sumber-sumber pengetahuan lainnya. Basis pengetahuan dibuat terpisah

dengan mesin inferensi dengan tujuan melakukan pengembangan sistem pakar secara leluasa disesuaikan dengan perkembangan pengetahuan.

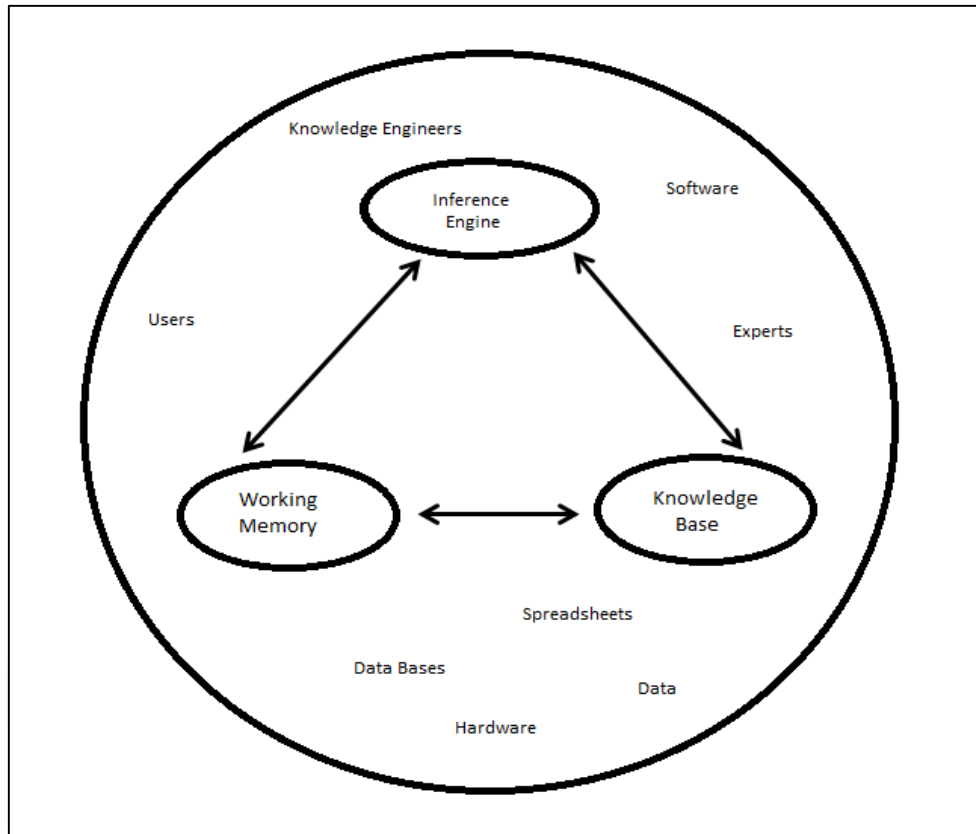
3. Mesin Inferensi (*Inference Machine*).

Mesin inferensi adalah otak dari sistem pakar berupa perangkat lunak yang melakukan tugas inferensi penalaran sistem pakar, atau bisa dikatakan sebagai mesin pemikir (*thinking machine*) yang akan mencari solusi dari suatu permasalahan. Mesin inferensi berperan sebagai program komputer yang menyediakan metodologi untuk melakukan penalaran tentang informasi pada basis pengetahuan dan memori kerja dan merumuskan kesimpulan-kesimpulan.

4. Memory Kerja (*Working Memory*).

Memori kerja adalah bagian dari sistem pakar yang menyimpan fakta-fakta yang diperoleh saat dilakukan dengan memberikan sejumlah pertanyaan kepada pengguna. Fakta-fakta inilah yang nantinya akan diolah oleh mesin inferensi berdasarkan pengetahuan untuk menentukan suatu keputusan pemecahan masalah.

Organisasi sistem pakar, seperti keterkaitan antara *knowledge base*, *inference machine*, dan *working memory* beserta lingkungan operasinya dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Organisasi sistem pakar dan lingkungan operasinya (Badiru, 2002)

2.2 Lower Back Pain

Menurut William C. Shell Jr., sakit pada punggung bagian bawah atau yang biasa disebut *Lower Back Pain*, merupakan rasa sakit yang berhubungan dengan bantalan lumbar antara tulang belakang, ligamen di sekitar tulang belakang dan bantalannya, otot pada tulang belakang bagian bawah, organ dalam antara abdomen dan panggul, atau juga kulit yang menyeluputi area lumbar (William C. Shell Jr., 2013).

2.2.1 Fungsi Punggung Bawah

Punggung bagian bawah atau area lumbar memiliki beberapa peran penting terhadap tubuh termasuk penopang tubuh, menopang gerakan, dan melindungi beberapa bagian tubuh yang lunak.

Ketika berdiri, punggung bawah berfungsi untuk menumpu bagian tubuh atas. Ketika membungkuk, meregangkan badan, atau memutar-mutarkan badan pun punggung bawah ikut andil dalam pergerakan tersebut. Maka dari itu, cedera pada bagian punggung bawah yang meliputi otot, tulang belakang, ligament, dan bantalan lumbar atau bantalan tulang belakang dapat mempengaruhi keseimbangan dan gaya berdiri seseorang (William C. Shell Jr., 2013).

2.2.2 Penyebab terjadinya Lower Back Pain

Berikut ini adalah penyebab-penyebab umum yang dapat menyebabkan *Lower Back Pain* menurut William C. Shell Jr.:

1. Peregangan pada lumbar

Merupakan cedera kibat tertariknya ligament, tendon, atau otot pada punggung bagian bawah. Biasa terjadi akibat terlalu lelah bergerak, trauma akibat benturan, dan pergerakan yang tiba-tiba.

2. Iritasi saraf

Iritasi pada saraf disebabkan oleh tekanan mekanik dari tulang, jaringan lunak lain, atau penyakit lain diantaranya radiculopathy, gangguan pada tulang, atau peradangan yang di sebabkan oleh virus.

3. Penekanan saraf pada tulang belakang (*radiculopathy*)

Radiculopathy adalah kondisi yang disebabkan oleh syaraf yang tertekan pada tulang belakang yang dapat menyebabkan nyeri, mati rasa, kesemutan, atau kelemahan sepanjang jalur syaraf. *Radiculopathy* dapat terjadi pada bagian apa saja dari tulang belakang, namun adalah paling umum pada punggung bagian bawah (*lumbar radiculopathy*) dan pada leher (*cervical radiculopathy*).

4. Kondisi tulang dan sendi

Kondisi tulang dan sendi yang kurang baik dapat mengarah pada LBP diantara lain kelainan dari lahir, akibat dari kecelakaan, atau arthritis.

5. Penyebab lain yang dapat menyebabkan LBP adalah gangguan ginjal, kehamian, gangguan indung telur dan tumor.

2.2.3 Gejala yang berhubungan dengan Lower Back Pain

Low Back Pain dapat menyebabkan berbagai gejala. Gejala-gejala yang berhubungan dengan LBP antara lain mati rasa dan/atau kesemutan dari ekstremitas bawah, inkontinensia urin atau feses, ketidakmampuan untuk berjalan tanpa membungkuk, nyeri, kelemahan ekstremitas bawah, atrofi (menurun dalam ukuran) dari otot-otot ekstremitas bawah, ruam, demam, menggigil, penurunan berat badan, sakit perut, terbakar saat buang air kecil, pusing, nyeri sendi, dan kelelahan (William C. Shell Jr., 2013).

2.2.4 Penyakit yang berhubungan dengan Lower Back Pain

Dari hasil wawancara, menurut dr. Yudi *Low Back Pain* dapat disebabkan oleh penyakit-penyakit lain. Sekurang-kurangnya terdapat sebelas macam penyakit yang dapat menyebabkan munculnya LBP (Yudi, 2014):

1. Gangguan Saluran Kemih

Gangguan yang disebabkan infeksi bakteri yang mengenai bagian dari saluran kemih. Ketika mengenai saluran kemih bawah dinamai sistitis (infeksi kandung kemih) sederhana, dan ketika mengenai saluran kemih atas dinamai pielonefritis (infeksi ginjal). Gejala dari saluran kemih bawah meliputi buang air kecil terasa sakit dan sering buang air kecil atau desakan untuk buang air kecil (atau keduanya), sementara gejala pielonefritis meliputi demam dan nyeri panggul di samping gejala ISK bawah. Pada orang lanjut usia dan anak kecil, gejalanya bisa jadi samar atau tidak spesifik. Kuman tersering penyebab kedua tipe tersebut adalah *Escherichia coli*, tetapi bakteri lain, virus, maupun jamur dapat menjadi penyebab meskipun jarang.

2. Sindrom *Cauda Equina*

Cauda Equina adalah serabut saraf yang keluar dari ujung saraf pusat di tulang belakang. Serabut ini berjalan keluar dari saraf tulang belakang tersusun seperti rangkaian ratusan kabel listrik yang tersusun teratur menyerupai kipas. Serabut saraf ini memiliki informasi mengenai sistem gerak dan sensor tubuh. Selain itu serabut ini menyampaikan informasi tentang pengaturan fungsi tubuh seperti fungsi BAB dan BAK. Gangguan penekanan pada *cauda equina* ini dikenal sebagai sindrom *cauda equina*.

Sindrom *cauda equina* ini memiliki gejala baal di sekitar pantat, gangguan fungsi BAK, gangguan fungsi BAB, dan gangguan fungsi seksual. Sebagian besar penderitanya mengalami gangguan kelemahan anggota gerak yang berangsur-angsur memberat. Selain itu rasa nyeri yang hebat hampir dirasakan oleh semua penderita.

3. *Herniation Nucleous Pulposus*

Herniation Nucleus Pulposus (Syaraf Terjepit) adalah suatu penyakit , dimana bantalan lunak diantara ruas-ruas tulang belakang (*soft gel disc* atau *Nucleus Pulposus*) mengalami tekanan dan pecah, sehingga terjadi penyempitandan terjepitnya urat-urat syaraf yang melalui tulang belakang. Penyakit ini terjadi pada seluruh ruas tulang belakang kita mulai dari tulang leher sampai tulang ekor. Daerah sakitnya tergantung di mana terjadi penjepitan, semisal di leher maka akan terjadi migrain atau sakit sampai ke bahu. Bisa juga terjadi penjepitan di tulang ekor, maka akan terasa sakit seperti otot ketarik pada bagian paha atau betis, kesemutan, bahkan sampai pada kelumpuhan. Penyebab HNP sendiri bermacam-macam, mulai dari gerakan yang salah sehingga tulang punggung mengalami penyempitan kebawah, ada juga yang karena sering membawa beban berat pada masa pertumbuhan sehingga pada saat dewasa tulang punggungnya mennyempit dan menjepit saraf, dan juga kebiasaan sikap tubuh yang salah selama bertahun-tahun sehingga terjadi pennyempitan pada tulang punggung dan penjepitan pada saraf.

4. Kanker

Kanker terjadi saat sel-sel dalam tubuh membelah diri diluar kendali. Sel-sel abnormal ini kemudian menyerang jaringan terdekat, atau berpindah ke daerah yang jauh dengan cara masuk ke dalam pembuluh darah atau sistem limpatik. Beberapa gejala kanker antara lain demam, nyeri tak tertahankan di malam hari, penurunan berat badan yang drastis.

5. *Muscle Strain* (Cidera otot punggung)

Muscle strain atau Nyeri punggung bawah atau biasa disebut keseleo dapat terjadi kapan dan dimana saja. *Muscle strain* berarti ada suatu cedera pada otot, tergantung area mana yang cidera sehingga timbul nyeri pada daerah tersebut. Keseleo pada punggung bawah biasanya terjadi dikarenakan gerakan yang tiba-tiba atau mengangkat suatu benda yang terlalu berat. Dan tipikal dari nyeri ini bisa berlangsung lama sehingga berakibat tegangnya otot-otot punggung dan timbul nyeri punggung bawah, selain itu buruknya postur dan penggunaan otot punggung bawah yang berlebihan menambah parah pada kasus ini. Bila nyeri ini dibiarkan berlangsung lama otot-otot punggung akan menegang sehingga suplai darah ke otot tersebut berkurang dan kelemahan otot punggungpun terjadi. Maka ketika seseorang merasakan nyeri punggung bawah saat menekuk punggungnya (*back flexion*) untuk mengambil sesuatu benda berarti bukan karena gerakan tersebut yang menimbulkan nyeri tetapi karena ketegangan otot yang berlangsung lama.

6. *Rheumatoid Arthritis*

Arthritis adalah istilah umum yang berarti peradangan pada sendi. Radang sendi ditandai dengan kemerahan, rasa hangat, bengkak, dan nyeri di dalam sendi. *Rheumatoid arthritis* adalah jenis peradangan sendi kronis yang biasanya terjadi pada sendi di kedua sisi tubuh, seperti tangan, pergelangan tangan, atau lutut. Kesimetrian ini membantu membedakan *rheumatoid arthritis* dari jenis *arthritis* yang lain. Selain mempengaruhi sendi, *rheumatoid arthritis* sesekali dapat mempengaruhi kulit, mata, paru-paru, jantung, darah, atau saraf. Gejala *rheumatoid arthritis* antara lain nyeri sendi dan bengkak, kekakuan terutama di pagi hari atau setelah duduk untuk waktu yang lama dan kelelahan

7. Sindrom *Myofascial Pain*

Myofascial Pain adalah suatu kondisi nyeri dimana, nyeri tersebut dapat dirasakan atau terlokalisasi, penurunan aktifitas fungsional, terkadang menimbulkan keterbatasan fungsi gerak, seringkali nyeri mengakibatkan gangguan suasana hati (mood) akibat rasa nyeri di bagian tersebut. Gejala yang biasa timbul antara lain nyeri punggung bawah akibat miogenik adalah onset/waktu timbulnya bertahap, nyeri difus (setempat) sepanjang punggung bawah, tenderness pada otot-otot punggung bawah, lingkup gerak sendi terbatas, dan tidak adanya tanda-tanda gangguan neurologis

8. Fraktur / Dislokasi

Fraktur adalah patahnya keutuhan tulang dan ditentukan menurut tipe dan panjangnya. Fraktur terjadi saat tulang terpapar dengan stress yang lebih besar dari yang dapat diterimanya. Fraktur dapat disebabkan oleh hembusan

langsung, tenaga perusak, gerakan melintir tiba-tiba, bahkan kontraksi otot yang ekstrim. Ketika tulang itu patah, keutuhan struktur tulang berubah, menghasilkan edema jaringan lunak, perdarahan ke otot dan sendi, dislokasi sendi, ruptur tendon, mengenai saraf, dan kerusakan pembuluh darah. Organ tubuh mungkin cedera oleh tekanan yang menyebabkan fraktur atau oleh fragmen fraktur. Sedangkan dislokasi adalah gangguan lengkap dalam hubungan normal dua tulang di mana tidak ada lagi kontak dari permukaan artikular. Dislokasi biasanya disebabkan oleh trauma, biasanya ada kerusakan pada ligamen, kapsul sendi dan jaringan lunak. Arah dislokasi digambarkan oleh posisi tulang distal (misalnya, pada dislokasi anterior bahu, humerus dislokasi anterior terhadap skapula).

9. *Osteoarthritis*

Osteoarthritis (OA) adalah suatu penyakit kronis yang mengenai sendi dan tulang di sekitar sendi tersebut. Dulu OA dianggap penyakit degeneratif, atau penyakit orang tua karena sendi menjadi aus atau usang, namun dewasa ini diketahui melalui penelitian-penelitian ternyata selain akibat aus terdapat proses peradangan yang mempengaruhi kerusakan pada sendi tersebut, walaupun peradangan yang terjadi tidak sehebat penyakit radang sendi yang lain seperti *rheumatoid arthritis*. Selain diakibatkan oleh aus, *osteoarthritis* juga dapat disebabkan oleh karena trauma atau akibat dari penyakit sendi yang lain (sekunder). Tulang rawan yang terdapat di antara sendi berfungsi sebagai bantalan pada saat sendi dipakai, namun karena bagian ini rusak maka permukaan tulang pada sendi tersebut saling beradu sehingga timbul rasa nyeri, bengkak dan kaku.

10. *Ankylosing Spondylitis*

Ankylosing spondylitis adalah bentuk arthritis langka yang menyebabkan peradangan pada tulang belakang dan sendi-sendi sakroiliak. Kondisi ini ditandai dengan kekakuan progresif dari sekelompok sendi dan ligamen di tulang belakang, menyebabkan rasa sakit kronis dan gangguan mobilitas tulang belakang. Ketika tulang belakang pasien menjadi lebih kaku, beberapa fraktur stres kecil dapat berkembang dan patah tulang ini dapat sangat menyakitkan. Jika parah, *ankylosing spondylitis* juga dapat menyebabkan fusi (penggabungan) ligamen tulang belakang dengan cakram/diskus antar vertebra. Pasien *ankylosing spondylitis* cenderung memiliki tubuh condong ke depan, dan berpostur menekuk ke depan karena gravitasi. Tulang belakang bisa dikoreksi melalui prosedur pembedahan kompleks yang berisiko cedera neurologis. *Ankylosing spondylitis* juga merupakan penyakit rematik sistemik yang dapat menyebabkan peradangan sendi dan organ-organ lain, seperti jantung, paru-paru, dan ginjal. *Ankylosing spondylitis* paling umum pada pria usia muda.

11. Psikosomatis

Psikosomatisme (otonomi psikhofisiologis) ialah kondisi di mana sejumlah konflik psikis atau psikologis dan kecemasan menjadi sebab dari timbulnya macam-macam penyakit jasmaniah atau justru membuat semakin parahnya suatu penyakit jasmaniah yang sudah ada. Terdapat kaitan antara tubuh dengan jiwa. Contohnya, kemunculan emosi-emosi tertentu bisa disebabkan oleh faktor mental, namun juga oleh faktor jasmaniah. Maka jelas ada interdependensi atau saling ketergantungan antara proses mental dengan fungsi

somatis/fisis. Konflik-konflik batin dan kecemasan-kecemasan hebat yang terus menerus bisa menjadi sebab dari timbulnya macam-macam penyakit soma. Dalam hal ini, ada kegagalan pada sistem syaraf dan sistem fisik untuk memperingan atau menyerap kecemasan dan konflik psikis tadi. Lalu muncul psychosomatic disorder atau gangguan/kekacauan psikosomatik. Dengan kata-kata lain: kondisi jiwa menentukan timbulnya penyakit soma/badan. Sebagai contoh, oleh rasa ketakutan yang hebat, detak jantung menjadi sangat cepat dan ada kelelahan yang ekstrem dari reaksi asthenis. Percepatan detak jantung dan reaksi asthenis itu, kedua-duanya adalah betul-betul gejala fisiologis atau jasmaniah yang disebabkan oleh konflik-konflik emosional yang sifatnya psikologis. Reaksi somatis ini bisa mengenai segenap fungsi dan sistem-sistem organis penting dari badan manusia. Misalnya mengenai: lambung perut, alat pencernaan, sistem peredaran darah, alat pernapasan, sistem kelenjar, alat kelamin, sistem persendian, kulit, limpa, jantung, ginjal dan lain-lain.

2.3 Neural Network

Jaringan syaraf tiruan merupakan sebuah model seperti jaringan syaraf pada manusia, yang dapat digunakan untuk pengenalan pola dan pembelajaran mesin (Lejap, 2008). Jaringan syaraf tiruan adalah sekumpulan sel neuron saling terhubung secara sederhana (Lagudu & Sarma, 2013). Sel-sel neuron yang ada diatur sehingga setiap sel dapat mengirimkan masukan dari satu sel ke sel lainnya. Keluaran yang dihasilkan dari jaringan ini didapatkan dari masukan yang disebarkan ke seluruh jaringan dari sel-sel yang aktif (Lagudu & Sarma, 2013).

Jaringan syaraf tiruan ditentukan oleh tiga hal, yaitu (Siang, 2004):

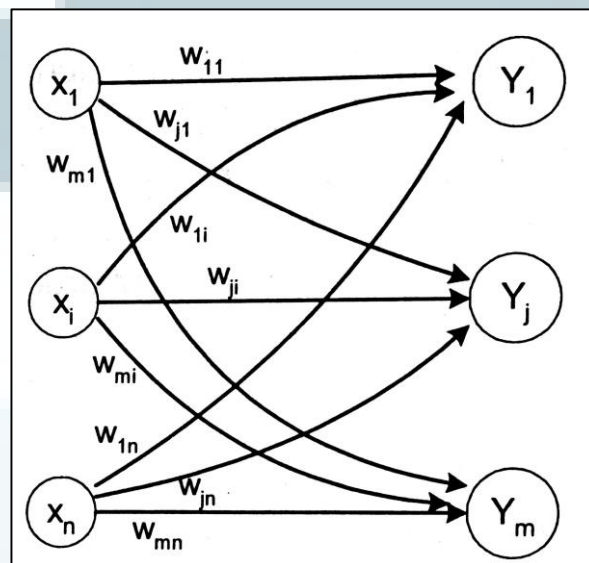
1. Pola hubungan antar neuron (Arsitektur jaringan)
2. Metode untuk menentukan bobot penghubung (Metode pelatihan)
3. Fungsi aktivasi

2.3.1 Arsitektur Jaringan

Beberapa arsitektur jaringan yang sering dipakai dalam jaringan syaraf tiruan antara lain:

a. Jaringan Layer Tunggal (*single layer network*)

Dalam jaringan ini, sekumpulan *input* neuron dihubungkan langsung dengan sekumpulan *outputnya*. Dalam beberapa model (misal perceptron), hanya ada sebuah unit neuron *output*.



Gambar 2.2 Arsitektur Jaringan Layer Tunggal (Siang, 2004)

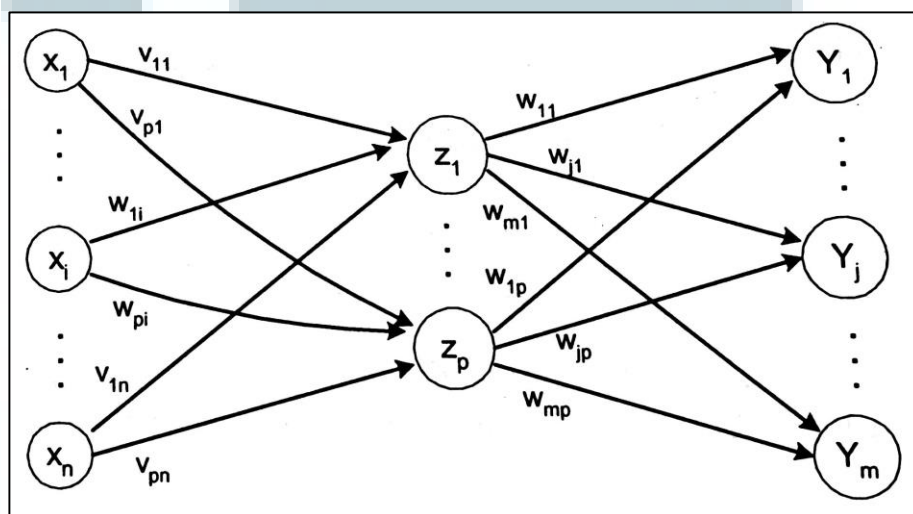
Gambar 2.2 menunjukkan arsitektur jaringan dengan n unit *input* ($x_1, x_2, \dots, x_n$) dan m buah unit *output* ($Y_1, Y_2, \dots, Y_m$). Perhatikan bahwa dalam jaringan ini, semua unit input dihubungkan dengan semua unit *output*, meskipun dengan bobot

yang berbeda-beda. Tidak ada unit input yang dihubungkan dengan unit yang dihubungkan dengan unit *input* lainnya. Demikian pula dengan unit output.

Besaran w_{ji} menyatakan bobot hubungan antara unit ke- i dalam *input* dengan unit ke- j dalam output. Bobot-bobot ini saling independen. Selama proses *Training*, bobot-bobot tersebut akan dimodifikasi untuk meningkatkan keakuratan hasil. Model semacam ini tepat digunakan untuk pengenalan pola karena kesederhanaannya.

b. Jaringan Layer Jamak (*multi layer network*)

Jaringan layer jamak merupakan perluasan dari layer tunggal. Dalam jaringan ini, selain unit *input* dan *output*, ada unit-unit lain (sering disebut layer tersembunyi). Dimungkinkan pula ada beberapa layer tersembunyi. Sama seperti pada unit dan *output*, unit-unit dalam satu layer tidak saling berhubungan.



Gambar 2.3 Arsitektur Jaringan Layer Jamak (Siang, 2004)

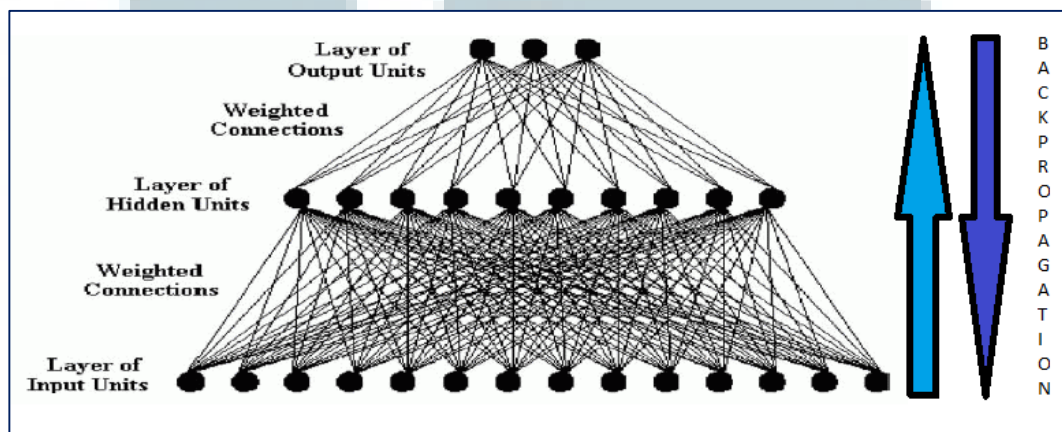
Gambar 2.3 adalah jaringan dengan n buah unit *input* ($x_1, x_2, \dots, x_n$), sebuah layer tersembunyi yang terdiri dari p buah unit ($z_1, z_2, \dots, z_n$), dan m buah unit output ($Y_1, Y_2, \dots, Y_m$). Jaringan layer jamak dapat menyelesaikan masalah yang lebih

kompleks dibandingkan dengan layar tunggal, meskipun kadangkala proses pelatihan lebih kompleks dan lama.

c. Jaringan *Reccurent*

Model jaringan *reccurent* mirip dengan jaringan layar tunggal ataupun ganda. Hanya saja, ada neuron *output* yang memberikan sinyal pada unit *input* (sering disebut *feedback loop*).

2.3.2 Pelatihan Standar Backpropagation



Gambar 2.4 Ilustrasi Backpropagation (Encephalos, 2011)

Pelatihan *backpropagation* meliputi tiga fase (Siang, 2004). Fase pertama adalah fase maju. Pola masukan dihitung maju mulai dari layar masukan hingga layar keluaran menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Fase kedua adalah fase mundur. Selisih antara keluaran jaringan dengan target yang diinginkan merupakan kesalahan yang terjadi. Kesalahan tersebut dipropagasikan mundur, mulai dari haris yang berhubungan langsung dengan unit-unit di layar keluaran. Fase ketiga adalah modifikasi bobot untuk menurunkan kesalahan yang terjadi (Siang, 2004). Berikut merupakan penjelasan dari fase-fase tersebut:

1. Propagasi maju

Selama propagasi maju, sinyal masukan dipropagasikan ke layar tersembunyi menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Keluaran dari setiap unit layar tersembunyi tersebut selanjutnya dipropagasikan maju lagi ke layar tersembunyi di atasnya menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Demikian seterusnya hingga menghasilkan keluaran jaringan. Berikutnya, keluaran jaringan dibandingkan dengan target yang harus dicapai. Selisih antara target value dan output node value adalah kesalahan yang terjadi. Jika kesalahan ini lebih kecil dari batas toleransi yang ditentukan, maka iterasi dihentikan. Akan tetapi apabila kesalahan masih lebih besar dari batas toleransinya, maka bobot setiap baris dalam jaringan akan dimodifikasi untuk mengurangi kesalahan yang terjadi (Siang, 2004).

2. Propagasi mundur

Berdasarkan kesalahan $t_k - y_k$, dihitung faktor δ_k ($k=1,2,\dots,m$) yang dipakai untuk mendistribusikan kesalahan di unit y_k ke semua unit tersembunyi yang terhubung langsung dengan y_k . δ_k juga dipakai untuk mengubah bobot garis yang berhubungan langsung dengan unit keluaran. Dengan cara yang sama, dihitung δ_j di setiap unit di layar tersembunyi sebagai dasar perubahan bobot semua garis yang berasal dari unit tersembunyi di layar di bawahnya. Demikian seterusnya hingga semua faktor δ di unit tersembunyi yang berhubungan langsung dengan unit masukan dihitung (Siang, 2004).

3. Perubahan bobot

Setelah semua faktor δ dihitung, bobot semua garis dimodifikasi bersamaan. Perubahan bobot suatu garis didasarkan atas faktor δ neuron di layar atasnya.

Ketiga fase tersebut diulang-ulang terus hingga kondisi pemberhentian terpenuhi (Siang, 2004). Untuk setiap pengulangan dalam pelatihan jaringan syaraf tiruan disebut epoch. Umumnya kondisi pemberhentian yang sering dipakai adalah jumlah iterasi atau kesalahan. Iterasi akan dihentikan jika jumlah iterasi yang dilakukan sudah melebihi jumlah maksimum iterasi yang ditetapkan, atau jika kesalahan yang terjadi sudah lebih kecil dari batas toleransi yang diizinkan (Siang, 2004).

2.3.3 Pemilihan Bobot dan Bias Awal

Bobot awal akan mempengaruhi apakah jaringan mencapai titik minimum lokal atau global, dan seberapa cepat konvergensinya (Siang, 2004).

Bobot yang menghasilkan nilai turunan aktivasi yang kecil sedapat mungkin dihindari karena akan menyebabkan perubahan bobotnya menjadi sangat kecil. Demikian pula nilai bobot awal tidak boleh terlalu besar karena nilai turunan fungsi aktivasinya menjadi sangat kecil juga (Siang, 2004). Oleh karena itu dalam standar *backpropagation*, bobot dan bias diisi dengan bilangan acak kecil.

2.3.4 Fungsi Aktivasi

Dalam jaringan syaraf tiruan, fungsi aktivasi dipakai untuk menentukan keluaran suatu neuron (Siang, 2004). Beberapa fungsi aktivasi yang sering dipakai adalah sebagai berikut:

1. Fungsi *threshold* (batas ambang)

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \geq a \\ 0 & \text{jika } x < a \end{cases} \quad \dots \text{Rumus 2.1}$$

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \geq a \\ -1 & \text{jika } x < a \end{cases} \quad \dots \text{Rumus 2.2}$$

Untuk beberapa kasus, fungsi *threshold* yang dibuat tidak berharga 0 atau 1, tapi berharga -1 atau 1 (sering disebut *threshold* bipolar) (Siang, 2004).

2. Fungsi sigmoid

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad \dots \text{Rumus 2.3}$$

$$f'(x) = f(x)(1 - f(x)) \quad \dots \text{Rumus 2.4}$$

Fungsi sigmoid sering dipakai karena nilai fungsinya yang terletak antara 0 dan 1 dan dapat diturunkan dengan mudah (Siang, 2004).

3. Fungsi hyperbolic tangent

$$f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad \dots \text{Rumus 2.5}$$

$$f'(x) = 1 - f(x)^2 \quad \dots \text{Rumus 2.6}$$

Fungsi tanh merupakan fungsi sigmoid yang di-*rescaled* dan memiliki rentang output adalah [-1,1].

(http://ufldl.stanford.edu/wiki/index.php/Neural_Networks)

4. Fungsi identitas

$$f(x) = x \quad \dots \text{Rumus 2.7}$$

Fungsi identitas sering dipakai apabila kita menginginkan keluaran jaringan berupa sembarang bilangan riil (Siang, 2004).