



UNIVERSITAS INDONESIA

**KLASIFIKASI KUALITAS DAN KUANTITAS
SPERMATOZOA PADA PRIA INFERTIL BERBASIS REKAM
MEDIS MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SARAF
TIRUAN PROPAGASI BALIK**

TESIS

**AFTI MASFIYAH
0806451183**

**PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI BIOMEDIS
SALEMBA
DESEMBER 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**KLASIFIKASI KUALITAS DAN KUANTITAS
SPERMATOZOA PADA PRIA INFERTIL BERBASIS REKAM
MEDIS MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SARAF
TIRUAN PROPAGASI BALIK**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains

**AFTI MASFIYAH
0806451183**

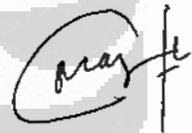
**PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI BIOMEDIS
SALEMBA
DESEMBER 2010**

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini dengan sebenarnya menyatakan bahwa tesis ini saya susun tanpa tindakan plagiarisme sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Indonesia.

Jika di kemudian hari ternyata saya melakukan tindakan Plagiarisme, saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang dijatuhkan oleh Universitas Indonesia kepada saya.

Jakarta, Desember 2010



Afti Masfiah

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama	: Afti Masfiah
NPM	: 0806451183
Tanda Tangan	: 
Tanggal	: 17 Desember 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Afti Masfiah
NPM : 0806451183
Program Studi : Teknologi Biomedis
Judul Tesis : Klasifikasi Kualitas dan Kuantitas
Spermatozoa pada Pria Infertil Berbasis Rekam
Medis Menggunakan Metode Jaringan Saraf
Tiruan Propagasi Balik

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Teknologi Biomedis Program Pascasarjana Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Prof. Dr. Drs. Benyamin Kusumoputro, MSc()

Pembimbing II : dr. Nurhadi Ibrahim, PhD

Penguji I : Prof. Dr. Djati Kerami

Penguji II : Sastra Kusuma Wijaya, PhD ()

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 6 Januari 2011

Oleh

Ketua Program Studi Teknologi Biomedis
Program Pascasarjana Universitas Indonesia



Prof. Dr. dr. Cholid Badri, Sp.Rad

KATA PENGANTAR.

Puji dan syukur penulis panjatkan hanya kepada Allah SWT, yang telah melimpahi kemudahan demi kemudahan bagi penulis untuk mengetahui sisi lain dari ilmu kedokteran yang selama ini dijalani penulis. Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad saw dan semoga kita yang memilih menjadi *ibnu sabil* mendapatkan syafaat beliau di hari akhir.

Tugas akhir ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari pribadi-pribadi yang baik di sekitar penulis. Dengan penuh penghormatan, penulis mengucapkan terima kasih kepada mereka, yaitu:

1. Prof. DR. Drs. Benyamin Kusumoputro, MSc selaku dosen pembimbing tesis. Terima kasih atas bimbingan yang diberikan selama pengerjaan tesis.
2. Dr. Nurhadi Ibrahim, PhD selaku dosen dan pembimbing akademik. Terima kasih atas bimbingan yang diberikan selama penulis belajar di PS TBM UI.
3. Kepala departemen, staf serta laboran Departemen Biologi FKUI, terima kasih sudah mengizinkan dan membantu saya mengambil data disana.
4. Prof. DR.Ir Tresna Priyatna Soemardi,SE.MS, DR. Sastra Kusuma Wijaya, DR. dr. Boy S Sabarguna, DR. Retno dan Prof. DR. Aniaty Murni Arymurthy yang telah membuka mata dan pikiran penulis dengan ilmu-ilmu biomedik yang telah beliau-beliau ajarkan.
5. Siswantoro (suami) dan anak-anak (Zulfan, Isa dan calon bayi yang ada dalam kandungan) tercinta yang menjadi peneguh hati bagi penulis untuk konsisten menjalani masa studi. Semoga Allah senantiasa menjaga keluarga kita serta menjadikan kita penghias mata bagi satu sama lain.
6. Teman-teman seperjuangan; Abdulloh, Imam, Rony, Heri dan Urip, terima kasih atas persahabatan dan kebersamaan selama belajar di PS TBM UI.
7. Staf tata usaha PS TBM UI, Mas Joko, terima kasih atas bantuan administrasi dan teknis yang sudah diberikan kepada kami.

Semoga Allah membalas kebaikan semua pihak yang membantu dan berharap tugas akhir ini bermanfaat bagi pengembangan teknologi kedokteran.

Subang, 17 Desember 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Afi Masfiyah
NPM : 0806451183
Program Studi : Teknologi Biomedis
Fakultas : Program Pascasarjana
Jenis karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty- Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Klasifikasi Kualitas dan Kuantitas Spermatozoa pada Pria Infertil Berbasis
Rekam Medis Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan Propagasi Balik

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : Desember 2010
Yang Menyatakan



Afi Masfiyah

ABSTRAK

Nama : Afti Masfiah
Program Studi : Teknologi Biomedis
Judul : Klasifikasi Kualitas dan Kuantitas Spermatozoa pada Pria Infertil Berbasis Rekam Medis Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan Propagasi Balik

Penelitian ini bertujuan mendapatkan model jaringan saraf tiruan (JST) yang dapat mengklasifikasikan kualitas dan kuantitas spermatozoa pria infertil berdasarkan rekam medis. Metode: Data rekam medis pria infertil merupakan variabel masukan JST, variabel keluaran adalah kesimpulan dari hasil analisa semen. Arsitektur JST pada penelitian ini terdiri dari 3 lapis, yaitu 1 lapis masukan dengan 50 neuron, 1 lapis tersembunyi dengan 25 neuron dan 1 lapis keluaran dengan 7 neuron; inisiasi bobot ditentukan secara random dengan Nguyen-Widrow, fungsi transfer logsig; laju pembelajaran 0.2; momentum 0.2; target error 0,01 dan hasil JST dinilai dari *recognition rate* validasi. Hasil: Proses pembelajaran dengan parameter dasar tersebut tidak mencapai konvergen, total error 400, *recognition rate training* 16% dan validasi 21%. Selanjutnya dilakukan beberapa modifikasi variabel masukan dan keluaran, antara lain: melakukan *principal component analysis (PCA)* pada data masukan, memilih variabel masukan berdasarkan korelasinya terhadap keluaran, mengurangi kelas keluaran, memvariasikan jumlah neuron lapis tersembunyi dan nilai laju pembelajaran. Model JST yang terbaik menghasilkan *recognition rate* validasi sebesar 76%. Kesimpulan: Percobaan ini menghasilkan model JST yang dapat mengklasifikasikan kualitas dan kuantitas spermatozoa pria infertil berbasis data rekam medis. Pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk mendapatkan model JST dengan hasil yang baik.

Kata kunci:
jaringan saraf tiruan, propagasi balik, rekam medis, pria infertil

ABSTRACT

Name : Afti Masfiah
Study Program : Biomedical Engineering
Title : Classification of Sperm Quality and Quantity of Infertile Male
Base on Medical Record Using Backpropagation Artificial
Neural Network Method

This research aims to develop a model of neural network (ANN) that can classify the quality and quantity of spermatozoa infertile men according to medical records. Methods: Data from the medical records of infertile men is the ANN input variables, output variables are the conclusions from the results of semen analysis. ANN architecture in this study consisted of 3 layers, an input layer with 50 neurons, a hidden layer with 25 neurons and an output layer with 7 neurons; initiation is determined by random weights with Nguyen-Widrow, logsig transfer function, learning rate 0.2; momentum of 0.2; target error 0.01 and the ANN result is assessed by recognition rate of validation. Results: The learning process with the basic parameters did not reach convergence, the total error of 400, 16% recognition rate of training and validation of 21%. Further modifications made on input and output variables, such as: perform principal component analysis (PCA) on the input data, selecting the input variables based on the correlation of output, reducing the output class, varying the number of hidden layer neurons and learning rate values. The best ANN model produces validation recognition rate by 76%. Conclusion: This experiment resulted ANN model that can classify the quality and quantity of spermatozoa infertile men based medical records. Further development is needed to get the ANN model with good results.

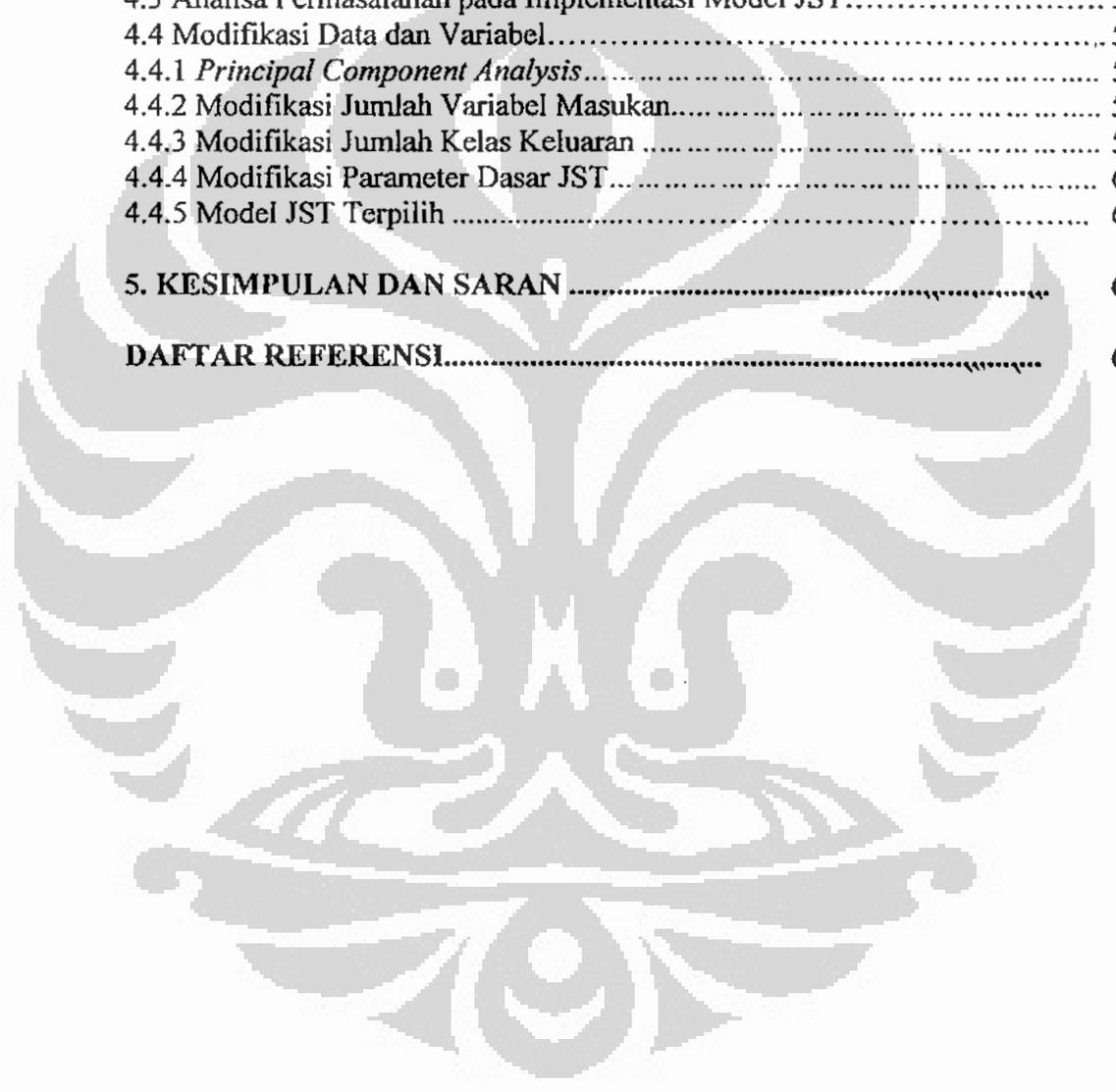
Key words:

artificial neural network, back propagation, medical records, male infertility

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian	5
1.6 Model Konseptual Penelitian	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Anatomi dan Fisiologi Sistem Reproduksi Pria.....	7
2.2 Evaluasi Infertilitas pada Pria.....	11
2.2.1 Identitas Pasien.....	11
2.2.2. Anamnesa.....	12
2.2.3 Pemeriksaan Fisik.....	17
2.2.4 Laboratorium.....	21
2.2.4.1 Pemeriksaan Makroskopis.....	24
2.2.4.2 Pemeriksaan Mikroskopis.....	25
2.3 Jaringan Saraf Tiruan.....	28
2.3.1 Dasar-dasar Jaringan Saraf Tiruan.....	29
2.3.2. Backpropagation.....	33
2.3.3 Kelebihan dan Kekurangan JST.....	36
3. METODE PENELITIAN	38
3.1 Desain Penelitian.....	38
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	38
3.3 Populasi Penelitian.....	38
3.4 Sampel dan Estimasi Besar Sampel.....	38
3.4.1 Sampel.....	38
3.4.2 Estimasi Besar Sampel.....	39
3.5 Kriteria Penerimaan	39
3.6 Prosedur Penelitian	39
3.7 Kerangka Operasional Penelitian	39

3.7.1 Penentuan Variabel Masukan dan Keluaran.....	40
3.7.2 Pengkodean Data.....	42
3.7.3 Penentuan Arsitektur Dasar JST.....	44
3.7.4 Pelatihan dan Simulasi JST.....	46
3.7.5 Analisa Tingkat Kesalahan.....	46
4. PENGUJIAN MODEL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Analisa Statistik Data Rekam Medis Pria Infertil.....	47
4.2 Implementasi Model JST.....	50
4.3 Analisa Permasalahan pada Implementasi Model JST.....	51
4.4 Modifikasi Data dan Variabel.....	52
4.4.1 <i>Principal Component Analysis</i>	52
4.4.2 Modifikasi Jumlah Variabel Masukan.....	55
4.4.3 Modifikasi Jumlah Kelas Keluaran	56
4.4.4 Modifikasi Parameter Dasar JST.....	60
4.4.5 Model JST Terpilih	61
5. KESIMPULAN DAN SARAN	63
DAFTAR REFERENSI.....	65



DAFTAR TABEL

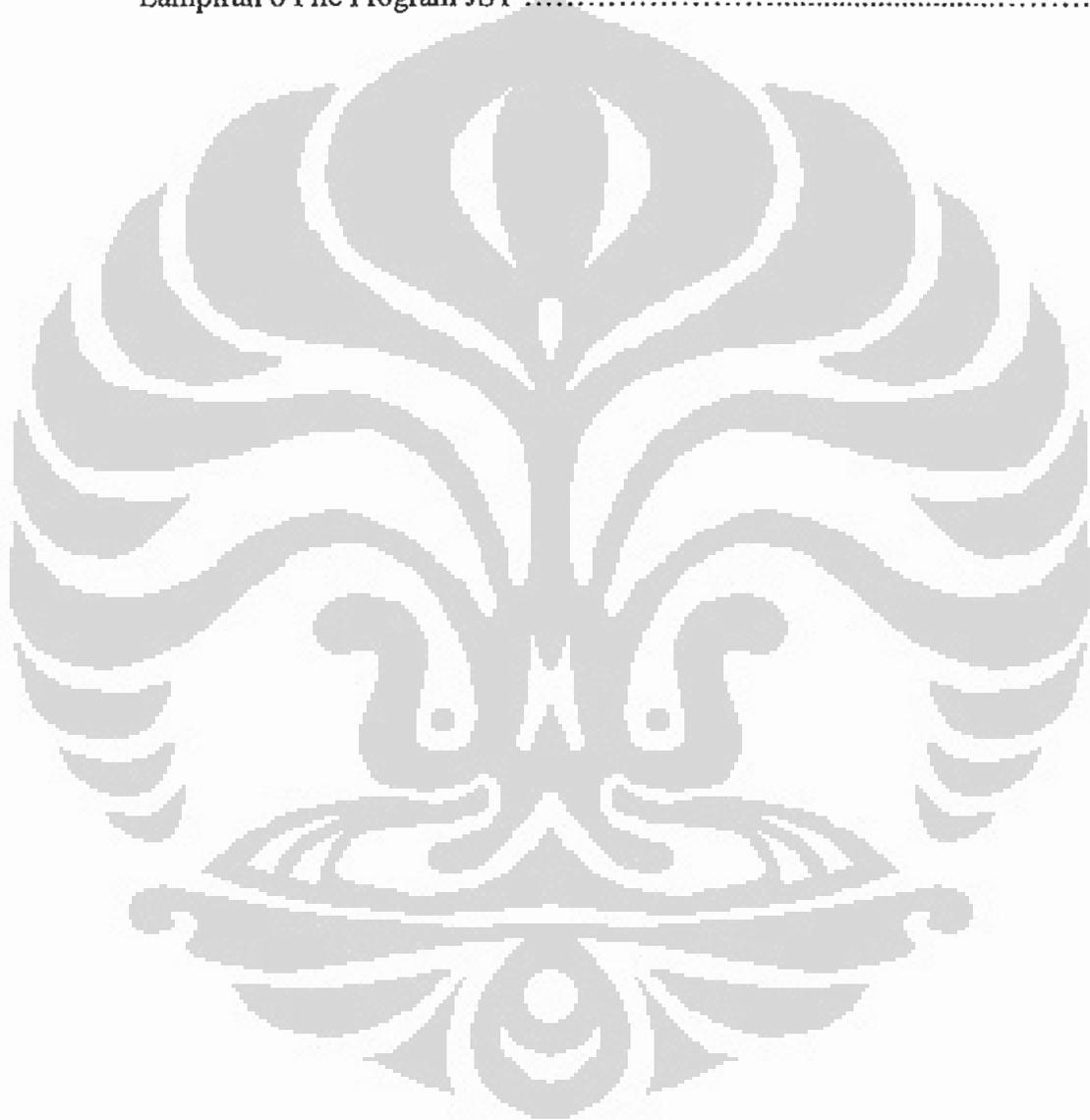
Tabel 2.1 Nilai Normal Variabel Analisa Semen (WHO 1992).....	23
Tabel 2.2 Nomenklatur untuk Variabel Semen (WHO 1992)	23
Tabel 2.3 Macam-macam Fungsi Transfer.....	31
Tabel 3.1 Pengkodean Variabel Masukan	43
Tabel 3.2 Parameter Arsitektur Dasar Jaringan.....	45
Tabel 4.1 Frekuensi Keluaran Data Rekam Medis Pria Infertil.....	47
Tabel 4.2 Frekuensi Pekerjaan pada Data Rekam Medis Pria Infertil	48
Tabel 4.3 Deskripsi Umur, Lama Menikah, Frekuensi Hubungan Seksual, Volume Testis dan Derajat Varikokel pada Pria dengan Infertilitas Primer.....	48
Tabel 4.4 Frekuensi Volume Testis Kanan dan Kiri.....	49
Tabel 4.5 Frekuensi Derajat Varikokel Kanan dan Kiri	49
Tabel 4.6 Hasil Pelatihan dan Pengujian Jaringan dengan 50 variabel.....	51
Tabel 4.7 Hasil Pelatihan dan Pengujian Jaringan dengan PCA	54
Tabel 4.8 Hasil Pelatihan dan Pengujian Jaringan dengan 20 Variabel Terpilih	55
Tabel 4.9 Hasil Pelatihan dan Pengujian Jaringan 4 Kelas Keluaran	57
Tabel 4.10 Hasil Pelatihan dan Pengujian Jaringan 4 Kelas Keluaran dengan PCA	59
Tabel 4.11 Hasil Pelatihan dan Pengujian Jaringan dengan Variasi Jumlah Neuron Lapis Tersembunyi	60
Tabel 4.12 Hasil Pelatihan dan Pengujian dengan Variasi Nilai Laju Pembelajaran	61
Tabel 4.13 Parameter pada Model JST Terpilih	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Normal Variabel Analisa Semen (WHO 1992).....	23
Tabel 2.2 Nomenklatur untuk Variabel Semen (WHO 1992)	23
Tabel 2.3 Macam-macam Fungsi Transfer.....	31
Tabel 3.1 Pengkodean Variabel Masukan	43
Tabel 3.2 Parameter Arsitektur Dasar Jaringan.....	45
Tabel 4.1 Frekuensi Keluaran Data Rekam Medis Pria Infertil.....	47
Tabel 4.2 Frekuensi Pekerjaan pada Data Rekam Medis Pria Infertil	48
Tabel 4.3 Deskripsi Umur, Lama Menikah, Frekuensi Hubungan Seksual, Volume Testis dan Derajat Varikokel pada Pria dengan Infertilitas Primer.....	48
Tabel 4.4 Frekuensi Volume Testis Kanan dan Kiri.....	49
Tabel 4.5 Frekuensi Derajat Varikokel Kanan dan Kiri	49
Tabel 4.6 Hasil Pelatihan dan Pengujian Jaringan dengan 50 variabel.....	51
Tabel 4.7 Hasil Pelatihan dan Pengujian Jaringan dengan PCA	54
Tabel 4.8 Hasil Pelatihan dan Pengujian Jaringan dengan 20 Variabel Terpilih	55
Tabel 4.9 Hasil Pelatihan dan Pengujian Jaringan 4 Kelas Keluaran	57
Tabel 4.10 Hasil Pelatihan dan Pengujian Jaringan 4 Kelas Keluaran dengan PCA	59
Tabel 4.11 Hasil Pelatihan dan Pengujian Jaringan dengan Variasi Jumlah Neuron Lapis Tersembunyi	60
Tabel 4.12 Hasil Pelatihan dan Pengujian dengan Variasi Nilai Laju Pembelajaran	61
Tabel 4.13 Parameter pada Model JST Terpilih	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Status Pria Infertil.....	69
Lampiran 2 Formulir Hasil Pemeriksaan Analisa Semen.....	71
Lampiran 3 Analisa Korelasi Variabel Masukan terhadap Output.....	72
Lampiran 4 Tabel Pelatihan dan Pengujian JST pada Berbagai Variasi Jumlah Neuron Lapis Tersembunyi.....	76
Lampiran 5 Hasil Pelatihan dan Pengujian Model JST Terpilih	77
Lampiran 6 File Program JST	82



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kehadiran seorang anak merupakan salah satu harapan utama setiap pasangan dalam ikatan pernikahan. Terutama dalam budaya kita, sebuah rumah tangga dianggap kurang sempurna jika tidak ada anak yang lahir dari pasangan suami-istri tersebut. Meskipun tidak selalu menyebabkan perceraian, ketidakmampuan seorang suami atau istri untuk memiliki anak kandung menimbulkan dampak negatif dalam sebuah rumah tangga. Adanya perasaan negatif yang timbul karena kondisi ini, tentu sedikit banyak mengganggu keharmonisan rumah tangga.

Pengetahuan mengenai pemeriksaan apa yang harus dilakukan oleh pasutri untuk mengetahui penyebab ketidakmampuan pasangan tersebut mencapai kehamilan dan tindakan atau teknologi apa yang bisa digunakan untuk mencapai kehamilan, diharapkan dapat membantu pasangan suami-istri mendapatkan buah hati dan menyempurnakan kebahagiaan pasangan suami istri dalam berumah tangga. Apalagi saat ini teknologi reproduksi yang dibantu (*Assisted Reproductive Technology*) berkembang sangat pesat hingga selalu ada harapan bagi setiap pasutri dengan infertilitas untuk memperoleh buah hati.

Infertilitas menurut WHO merupakan suatu penyakit sistem reproduksi yang didefinisikan sebagai kegagalan untuk mencapai kehamilan secara klinis setelah satu tahun atau lebih, berhubungan seksual tanpa perlindungan atau kontrasepsi. Infertilitas secara global terjadi pada 8-12% pasangan usia subur. Penyebab infertilitas dapat berasal dari laki-laki, perempuan atau keduanya. Laki-laki dan perempuan masing-masing menyumbangkan 35% penyebab infertilitas. Kombinasi kedua pihak menyebabkan 20% infertilitas dan sisanya 10% belum diketahui etiologinya (Puscheck & Woodard, 2009).

Angka prevalensi pria sebagai penyebab infertilitas yang dikeluarkan oleh WHO bahkan mencapai 51,2%, dan 39% dari pria tersebut memiliki abnormalitas pada sperma sedangkan sisanya tidak diketahui penyebabnya (Tournaye, 2001). Beberapa parameter dalam analisa sperma yang berkaitan dengan infertilitas pada pria, antara lain: konsentrasi sperma (oligozoospermia atau azoospermia),

pergerakan sperma (astenozoospermia atau nekrozoospermia) dan bentuk sperma (teratozoospermia) dan dapat juga kombinasi dari ketiganya (Martin et.al., 2003).

Dibandingkan prevalensi yang ada, jumlah pria dalam pasangan infertil yang memeriksakan diri untuk mengetahui tingkat kesuburannya masih jauh lebih rendah. Infertilitas pada pria cenderung merupakan hal yang tabu dibicarakan dibanding infertilitas pada wanita (Thorn, 2009). Reaksi psikologis yang muncul pada pria dengan infertilitas umumnya berupa sulit berbagi perasaan mereka dengan orang lain, menolak hasil diagnosisnya atau merasionalkan kondisi ini dengan bersikap bahwa anak bukanlah hal yang penting dalam hidupnya. Dengan demikian tidak mengejutkan jika didapati tingkat stress yang tinggi pada pria yang didiagnosis mengalami infertilitas.

Reaksi psikologis yang ditemukan oleh peneliti dari subjek pria dengan infertilitas amat beragam. Namun secara umum, mereka masih menaruh harapan besar bahwa mereka akan mendapatkan anak. Contoh reaksi yang diungkapkan responden mengenai kondisi fertilitasnya melalui pesan pendek kepada peneliti, antara lain:

“Saya mendapat keputusan dari dokter bahwa saya lemah dalam kecepatan sperma, tapi yang saya heran istri pernah hamil hampir 7 bulan. Tapi kok saya dibilang susah untuk menghasilkan dan jika mau menghasilkan harus melalui hasil bayi tabung, padahal istri saya pernah hamil hampir 7 bulan. Tapi menurut saya yang penting sabar dan berdoa. Semua rejeki dan anak hanya Allah yang mengetahui semuanya yang penting kita bersabar. Mungkin sekarang kita lagi diuji kesabaran dan ketabahan karena kehadiran seorang anak.”

“.....Dan mohon maaf dokter, saya minta tolong diberi solusi atau jalan keluar untuk pengobatannya. Karena jujur saya awam dengan masalah bagaimana supaya bisa memiliki anak.”

“.... Saya sudah sangat mengerti dokter. Emang Tuhan berkuasa seluruh isi bumi ini dokter. Saya yakin pada suatu saat istri saya hamil. Doakan saja ya dokter.”

“ Apa gunanya mengetahui seorang laki-laki itu mandul sejak dini. Ini malah membuat masa depan laki-laki tersebut hancur, dia akan menjalani hidup tanpa harapan sebagaimana orang yang menderita HIV.”

Budaya patrilineal yang kental dalam masyarakat kita dan tingkat pengetahuan kesehatan reproduksi pria yang masih rendah menyebabkan adanya stigma bahwa infertilitas adalah masalah yang didominasi oleh pihak perempuan. Kondisi seperti ini menyebabkan kebanyakan pria pada pasangan dengan infertilitas merasa dirinya tidak bermasalah dan enggan melaksanakan prosedur medis untuk mengetahui tingkat kesuburan dirinya. Umumnya pada kasus pasangan dengan infertilitas, pihak wanita yang diperiksa terlebih dahulu secara keseluruhan dan jika tidak ditemukan kelainan, maka pihak laki-laki dengan enggan baru memeriksakan diri. Padahal pemeriksaan standar untuk mengetahui tingkat kesuburan pria lebih sederhana, singkat, tidak invasif dan menghemat biaya dibanding prosedur pemeriksaan infertilitas pada wanita.

Prosedur standar pemeriksaan laboratorium yang dilakukan untuk menilai tingkat kesuburan pria adalah pemeriksaan analisa sperma (WHO Criteria, 1992). Teknik pemeriksaan sperma ini menuntut pasien untuk mengeluarkan ejakulat baik dengan cara masturbasi atau senggama terputus. Ejakulat itu harus dianalisa dalam waktu kurang dari 1 jam. Teknik pemeriksaan ini bagi beberapa pria merupakan kondisi yang tidak nyaman sehingga memperkuat keengganan pria untuk memeriksakan diri. Selain itu, laboratorium yang bisa melakukan analisa sperma masih terbatas pada kota-kota besar dan demikian pula dengan ahli androloginya. Beberapa faktor inilah yang menjadi kendala dalam penemuan dini adanya infertilitas pada pria.

Infertilitas pada pria dipengaruhi oleh banyak faktor. Faktor-faktor tersebut ada yang bersifat bawaan dan ada yang didapat dari lingkungan. Faktor bawaan umumnya berupa defek genetik yang mempengaruhi produksi hormon androgen. Faktor yang didapat misalnya akibat infeksi, trauma, keganasan maupun paparan bahan kimia berbahaya atau bahan radioaktif dari lingkungan terhadap organ reproduksi pria. Eksplorasi terhadap faktor-faktor ini membantu dokter dalam memprediksi penyebab, status fertilitas dan prognosis pasien pria infertil. Pencatatan yang detail ada tidaknya faktor-faktor tersebut dalam rekam medis pasien, akan sangat membantu terlaksananya riset hubungan antara infertilitas pria dengan berbagai faktor tersebut.

Kemajuan di bidang teknologi informasi dan komputasi akhir-akhir ini telah merambah bidang kedokteran. Salah satunya adalah aplikasi kecerdasan buatan pada alat-alat kedokteran. Penerapan kecerdasan buatan, khususnya jaringan saraf tiruan, dapat membantu pengambilan keputusan dalam penegakkan diagnosis, pemilihan terapi maupun penentuan prognosis pasien. Teknologi ini akan mengurangi tingkat kesalahan akibat kelalaian manusia dan mengurangi tahapan prosedur medis yang harus dijalani pasien untuk mengetahui status fertilitasnya, tanpa mengurangi akurasi dan validitas hasilnya. Namun data dasar yang diperlukan untuk mendapatkan model jaringan saraf tiruan ini harus benar-benar valid. Disinilah peran penting pencatatan yang lengkap dalam rekam medis pasien. Penelitian ini akan menguji penerapan jaringan saraf tiruan pada data rekam medik pria infertil. Hasil yang diharapkan adalah diperolehnya model jaringan saraf tiruan yang tepat, sensitif dan akurat untuk memprediksi status infertilitas seorang pria berdasarkan data rekam medisnya.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah mengidentifikasi batasan-batasan permasalahan sehingga penelitian terlaksana secara sistematis, memiliki fokus yang jelas dan tujuan serta manfaat penelitian dapat tercapai. Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan pada penelitian ini, yaitu:

Bagaimana membangun desain jaringan saraf tiruan berdasarkan data rekam medik pria infertil yang dapat mengklasifikasi status infertilitas pasien menurut jumlah, motilitas dan morfologi sperma.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui variabel-variabel dalam data rekam medis pria infertil yang secara signifikan berkaitan dengan jumlah, motilitas dan morfologi sperma
2. Membangun desain jaringan saraf tiruan berdasarkan semua variabel yang terdapat dalam rekam medis pria infertil, yaitu identitas pasien, anamnesis, pemeriksaan fisik dan pemeriksaan analisa sperma
3. Membangun desain jaringan saraf tiruan yang tepat berdasarkan variabel-variabel yang penting dalam data rekam medis pria infertil.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat mengklasifikasikan pasien pria infertil berdasarkan identitas, anamnesis dan pemeriksaan fisik pria infertil ke dalam kelompok tertentu menurut jumlah, motilitas dan morfologi spermatozoa secara digital. Hasil penelitian ini dapat menjadi alat bantu penentuan diagnosis infertilitas secara digital dengan tingkat akurasi dan validitas yang dapat dipercaya.

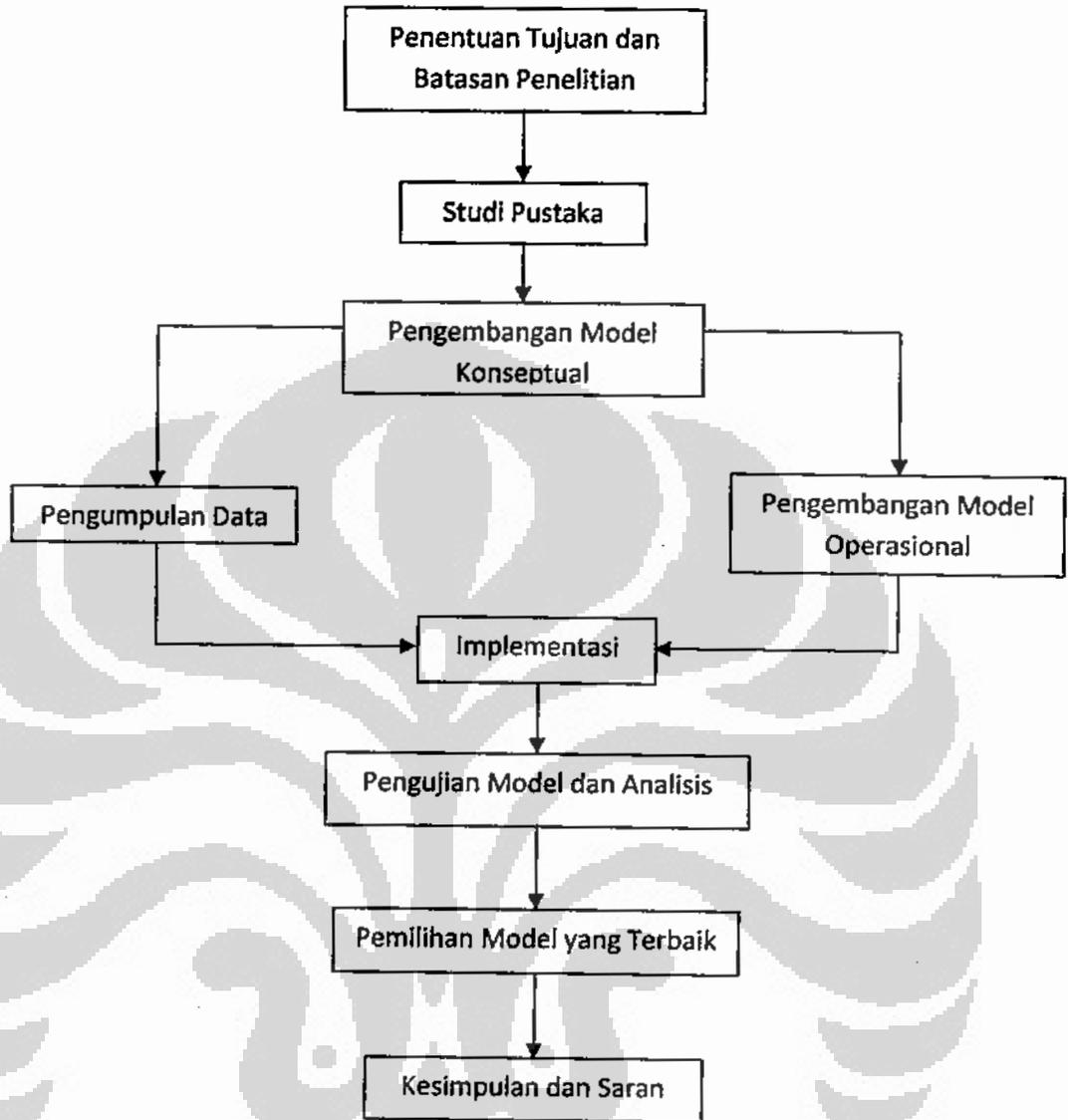
1.5 Batasan Penelitian

Batasan yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Data yang digunakan untuk membangun jaringan saraf tiruan berasal dari rekam medis pria infertil di Sub-Bagian Andrologi, Departemen Biologi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia dan sebagian merupakan data primer yang diambil pasien yang melakukan pemeriksaan di Klinik Andrologi, Departemen Biologi FKUI pada periode Maret-Oktober 2010. Rekam medis tersebut dipilih secara acak dari seluruh rekam medis yang ada di dengan syarat rekam medis tersebut memiliki data dan informasi yang dibutuhkan untuk penelitian.
2. Data untuk uji jaringan saraf tiruan diambil sebesar 30% dari keseluruhan data yang digunakan untuk membangun jaringan saraf tiruan.

1.6 Model Konseptual Penelitian

Model konseptual penelitian ini dijabarkan dalam diagram di bawah ini.



Gambar 1.1 Model Konseptual Penelitian

BAB 2

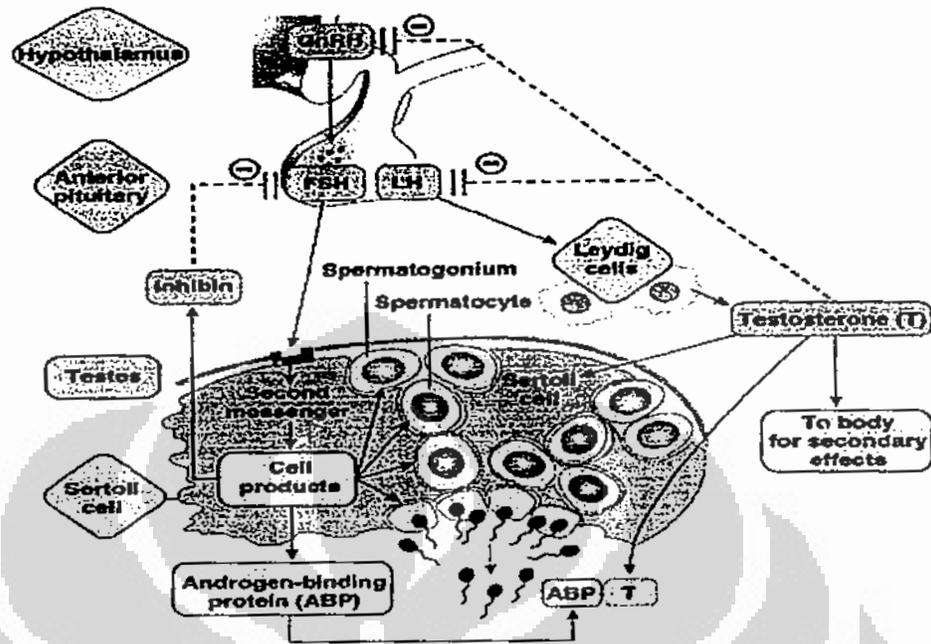
TINJAUAN PUSTAKA

Keadaan dimana sepasang suami-istri gagal mendapatkan kehamilan setelah selama satu tahun melakukan hubungan seksual tanpa perlindungan disebut dengan infertilitas. Infertilitas pasangan bisa berasal dari suami, istri, suami-istri atau tidak diketahui penyebabnya. Jika penyebab diketahui dari pihak suami, maka suami yang mengalami infertilitas. Infertilitas dikatakan primer jika selama masa pernikahan pasangan atau salah satunya belum pernah mendapatkan kehamilan. Status infertilitas pada pria ditegakkan secara klinis, yaitu tidak terjadinya kehamilan dan secara laboratoris, yaitu ditemukan parameter hasil analisa sperma di bawah standar.

Terdapat bermacam prosedur lain untuk menegakkan diagnosis infertilitas pria, di antaranya adalah pemeriksaan hormon, imunologik, sitogenetika, biopsi testis dan uji pasca senggama. Namun pemeriksaan laboratorium standar yang direkomendasikan WHO adalah analisa semen.

2.1 Anatomi dan Fisiologi Sistem Reproduksi Pria

Pemahaman yang mendasar mengenai anatomi dan fisiologi sistem reproduksi pria diperlukan sebelum menentukan apakah ada gangguan dalam sistem tersebut dan di mana letak penyebabnya. Adanya gangguan atau penyakit dalam sistem reproduksi pria dapat mempengaruhi tingkat kesuburan pria tersebut. Sistem reproduksi pria mencakup struktur organ yang terlibat dalam proses reproduksi dan fungsinya serta hormon yang mempengaruhinya. Di bawah ini adalah gambar sistem hormonal dari otak hingga testis yang mengendalikan sistem reproduksi pria.



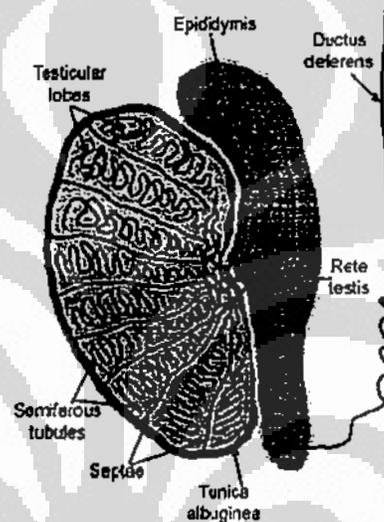
Gambar 2.1 Aksis hipotalamus-pituitari-gonad
Sumber: Pearson Education Inc.

Hipotalamus memproduksi GnRH (*gonadotrophin releasing hormon*) yang dilepas menuju kelenjar pituitari. Sebagai responnya kelenjar pituitary memproduksi LH (*luteinizing hormone*) dan FSH (*follicle stimulating hormone*). LH menstimulasi sel Leydig di jaringan interstisial testis untuk memproduksi testoreteron. Sedangkan FSH bekerja pada sel Sertoli di tubulus seminiferus. Sel Sertoli berperan besar dalam proses pematangan spermatozoa, yaitu mempertahankan lingkungan yang dibutuhkan untuk spermatogenesis melalui pembentukan sawar darah-testis, mensekresi substrat yang menginisiasi meiosis, mensekresi cairan testicular dan menghasilkan protein yang bisa mengikat testoteron (*androgen-binding protein- ABP*).

Adanya ABP memungkinkan terjadinya konsentrasi testoteron di dalam testis hingga mencapai 20-50 kali lebih tinggi dibanding kadar testoteron dalam darah. Kondisi ini dibutuhkan untuk mempertahankan proses spermatogenesis. Sebagian ABP yang berikatan dengan testoteron bersirkulasi dalam tubuh dan memberikan efek testoteron pada tubuh, misalnya: distribusi rambut pada area tertentu, massa otot yang relatif padat, suara yang bas, dan ciri perkembangan seksual sekunder lain pada laki-laki. Testoteron yang bebas kemudian menuju

unit hipotalamus-pituitari untuk memberikan efek inhibisi sehingga dapat mengontrol produksi LHRH dan LH.

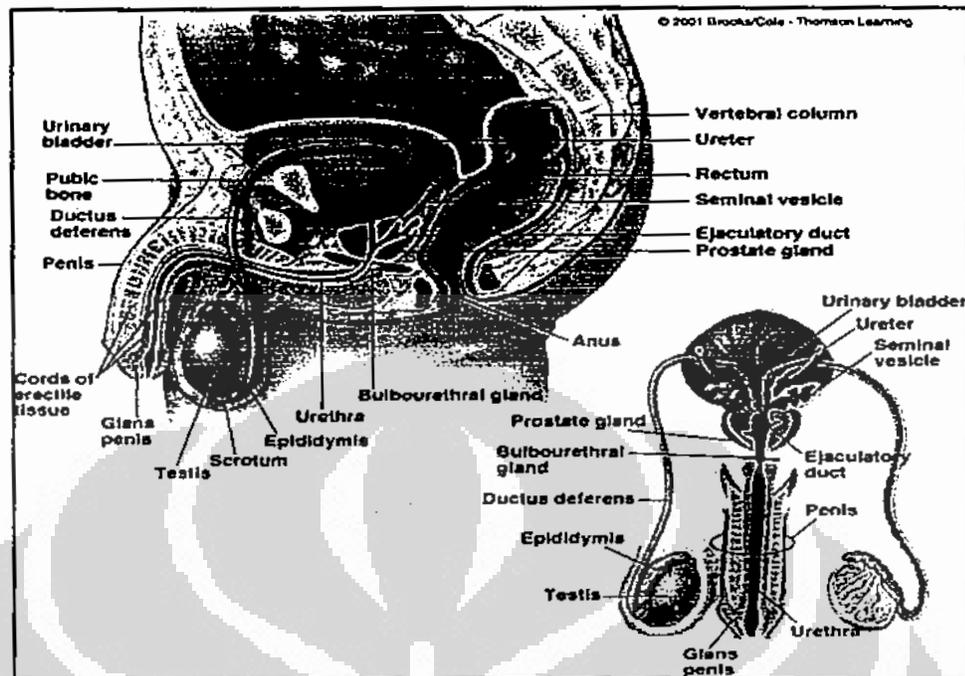
Sistem endokrin (hormonal) memang memegang peranan penting dalam status infertilitas seorang pria. Namun sangat mungkin gangguan fertilitas yang terjadi bukan karena hormonal melainkan karena masalah yang berkaitan dengan anatomi atau histologi organ dan saluran reproduksinya. Gambar di bawah ini menjelaskan anatomi organ reproduksi pria yang berkaitan dengan proses pematangan dan penyimpanan spermatozoa.



Gambar 2.2 Diagram jaringan testis, epididimis dan duktus deferens

Sumber: <http://www.histology.leeds.ac.uk/male/testis.php>

Proses pematangan sperma terjadi di dalam lobus testikularis hingga di tubulus seminiferus. Spermatozoa ini selama beberapa saat tersimpan dalam epididimis hingga saat terjadi ejakulasi. Saat akan terjadi ejakulasi, spermatozoa didorong menuju duktus deferens dan ketika tiba di daerah pertemuan kelenjar prostat dan vesikula seminalis, spermatozoa akan mendapatkan tambahan cairan dari kedua kelenjar ini.



Gambar 2.3 Sistem Organ Reproduksi Pria

Sumber: <http://www.tqnyc.org/2006/NYC063547//images/malereproductivesystem.jpg>

Kelenjar vesikula seminalis mensekresi hampir 85% cairan semen. Sekret yang dikeluarkan oleh vesikula seminalis berwarna kekuningan, kental, bersifat basa dan mengandung fruktosa, fibrinogen, vitamin C dan prostaglandin. Sekresi vesikula seminalis yang kaya fruktosa merupakan sumber energi bagi spermatozoa, sedangkan fibrinogen dan prostaglandin membuat cairan semen menggumpal di dalam vagina. Kondisi ini melindungi spermatozoa dari lingkungan vagina yang asam.

Sekresi kelenjar prostat kaya akan kalsium, seng (Zn), asam citrate, asam fosfat, albumin dan *prostatic specific antigen* (PSA). Cairan prostat memberikan warna putih susu pada semen. Seng secara umum berfungsi sebagai antiseptik. Peneliti berpikir hal serupa juga terjadi pada prostat, bahwa seng berfungsi melawan infeksi di prostat. PSA yang terkandung dalam cairan prostat pada saat yang tepat berfungsi merusak efek gumpalan (gel) yang disebabkan oleh enzim dari vesikula seminalis. Beberapa menit setelah ejakulasi cairan semen akan berada dalam bentuk gel. Bentuk gel ini melindungi spermatozoa dari lingkungan vagina yang tidak menguntungkan bagi spermatozoa. Setelah 15-30 menit kemudian PSA akan

mengurai gumpalan ini dan membebaskan sperma bergerak menuju uterus (Prostate Cancer Survivor, 2006).

2.2 Evaluasi Infertilitas pada Pria

Diagnosis infertilitas pada pria dapat ditegakkan dengan melakukan beberapa evaluasi, meliputi: anamnesis, pemeriksaan fisik dan pemeriksaan laboratorium. Tingkat kesuburan pria dan penyebab infertilitasnya kemudian dapat ditentukan setelah seluruh evaluasi ini dilakukan. Informasi mengenai evaluasi infertilitas ini dicatat dalam rekam medik khusus, di Departemen Biologi Kedokteran Fakultas Kedokteran UI data ini terdapat dalam Status Pria Infertil. Faktor-faktor apa saja yang perlu dievaluasi dan kaitannya dengan infertilitas akan dijabarkan berikut ini.

2.2.1 Identitas Pasien

Identitas pasien yang perlu ada dalam evaluasi adalah nama pasien, umur atau tanggal lahir saat melakukan pemeriksaan, pekerjaan, alamat, lama pernikahan (dalam tahun dan bulan), apakah infertilitas primer atau sekunder, nama dokter pengirim dan apakah dikembalikan kepada dokter yang mengirim atau dirujuk ke dokter lain.

Informasi dalam identitas yang berhubungan langsung dengan kualitas maupun kuantitas spermatozoa adalah umur dan pekerjaan. Volume semen, motilitas spermatozoa dan morfologi spermatozoa menurun menurut usia. Namun penurunan ini secara signifikan terjadi pada pria usia 45 tahun atau lebih (Hellstrom et.al., 2006). Selain dengan tiga parameter tersebut, terdapat pula peningkatan kerusakan DNA spermatozoa yang signifikan pada pria kelompok umur 40 tahun ke atas. Hal ini tidak terjadi pada pria kelompok umur di bawah 40 tahun (Vagnini et.al.,2007).

Jenis pekerjaan tertentu memiliki risiko terhadap penurunan jumlah maupun kualitas spermatozoa. Hal ini berkaitan dengan paparan yang ada dalam pekerjaannya. Pria yang kesehariannya bekerja dalam lingkungan dengan paparan panas, radiasi bahan radioaktif atau bahan kimia tertentu berisiko mengalami infertilitas. Oleh karena sel-sel gamet dan spermatozoa di dalam testis sangat rentan terhadap paparan tersebut. Review yang dilakukan oleh Thonneau et.al. (1998) memperlihatkan bahwa aktivitas duduk selama minimal 3 jam dalam

sehari mempengaruhi kualitas dan kuantitas sperma. Profesi yang spesifik terkait keadaan ini, misalnya: sopir atau pria dengan kecacatan yang mengharuskan duduk di kursi roda sepanjang hari.

Tingkat stress psikologis yang tinggi dalam pekerjaan pasien juga berpengaruh terhadap tingkat kesuburannya. Sedangkan status infertilitas primer atau sekunder membantu dalam mengarahkan kemungkinan penyebab infertilitas. Infertilitas sekunder kemungkinan bukan disebabkan oleh faktor genetika yang bersifat bawaan/kongenital sehingga eksplorasi mengenai hal-hal yang dapat menyebabkan infertilitas perlu dilakukan lebih detail, termasuk eksplorasi terhadap stress.

Informasi mengenai pasangan atau istri pasien juga perlu diketahui, meskipun tidak berhubungan langsung dengan status infertilitas pria tersebut. Selain nama istri, umur dan riwayat menstruasi dan ada tidaknya masalah pada kandungan dan kebidanan, perlu dicantumkan dalam rekam medik. Hal ini dilakukan dalam rangka mengidentifikasi sumber penyebab, apakah berasal dari suami, istri atau keduanya. Faktor utama yang diklaim mempengaruhi prognosis pasangan dengan infertilitas adalah lama infertilitas, infertilitas primer atau sekunder, umur dan status kesuburan pasangan serta hasil analisa sperma adalah faktor utama yang mempengaruhi prognosis pasangan dengan infertilitas (European Association of Urology, 2004).

2.2.2 Anamnesa

Anamnesa dimulai dengan keluhan utama yang menyebabkan pasien datang ke ahli atau klinik andrologi. Keluhan utama yang mendatangkan pasien ke tempat ini keinginan memiliki anak. Keluhan tambahan yang dapat menyertai keluhan utama ini, misalnya: gangguan fungsi seksual, abnormalitas anatomi atau fungsi pada organ reproduksi eksternal, atau hanya sekedar ingin mengetahui tingkat kesuburan dirinya.

Pertanyaan berikutnya setelah keluhan utama adalah riwayat penyakit yang pernah atau sedang dialami pasien, yaitu: parotitis dengan orchitis, infeksi saluran genito-urinaria karena penyakit menular seksual, infeksi saluran genito-urinaria yang bukan penyakit menular seksual, trauma testis, frekuensi hubungan kelamin, malaria, typhus, riwayat operasi, riwayat dirawat, TBC, diabetes, hernia, riwayat

merokok, konsumsi alkohol, penggunaan cawat atau pakaian yang ketat, paparan panas (mandi panas, panas las, panas mesin), stress dan hepatitis. Keterkaitan antara hal-hal tersebut dengan infertilitas pria akan dirinci berikut ini.

1. Parotitis atau yang lebih dikenal dengan gondongan adalah inflamasi kelenjar parotis yang disebabkan infeksi virus Mumps. Jaringan testis memiliki kecocokan (memiliki membran reseptor) dengan virus Mumps sehingga pada saat terjadi parotitis akan terjadi pula inflamasi pada testis. Parotitis yang disertai dengan orchitis (inflamasi testis) yang terjadi setelah pubertas dapat menyebabkan infertilitas pria. Orchitis dapat mengakibatkan sklerosis tubulus seminiferus sehingga pada hasil analisa sperma didapati penurunan jumlah dan kualitas sperma. Orchitis juga dapat menyebabkan berhentinya proses spermatogenesis dan atrofi testikular, ditandai dengan tidak adanya spermatozoa dalam analisa sperma dan volume testis yang kecil pada pemeriksaan fisik. Orchitis juga dapat disebabkan oleh trauma pada testis. Namun pada kasus ini inflamasinya bersifat steril (tidak ada infeksi mikroorganisme). Dampak pada testis tergantung pada derajat trauma. Apabila traumanya berat, banyaknya material inflamasi dan proses penyembuhan akan meninggalkan kerusakan seperti pada orchitis karena parotitis.
2. Pengaruh infeksi saluran genito-urinaria (urethritis), baik yang bersifat penyakit menular seksual maupun bukan, terhadap jumlah dan fungsi sperma masih diperdebatkan. Kontaminasi ejakulat oleh material inflamasi dari urethra akibat urethritis, menyebabkan pengaruh urethritis pada kualitas semen dan fertilitas tidak bisa benar-benar dibuktikan. Namun adanya striktur pada urethra dan gangguan ejakulasi diklaim dapat menyebabkan gangguan kesuburan pada laki-laki (European Association of Urology, 2004).
3. Riwayat hubungan seksual, meliputi: frekuensi hubungan seksual dalam satu minggu; penggunaan lubrikan, minyak, jelli atau saliva saat berhubungan; disfungsi seksual, seperti disfungsi ereksi, ejakulasi dini, penurunan libido, dispareuni; dan masalah psikologis atau relasional dengan pasangan. Semua hal ini berkontribusi dalam terjadinya infertilitas pada pasangan.

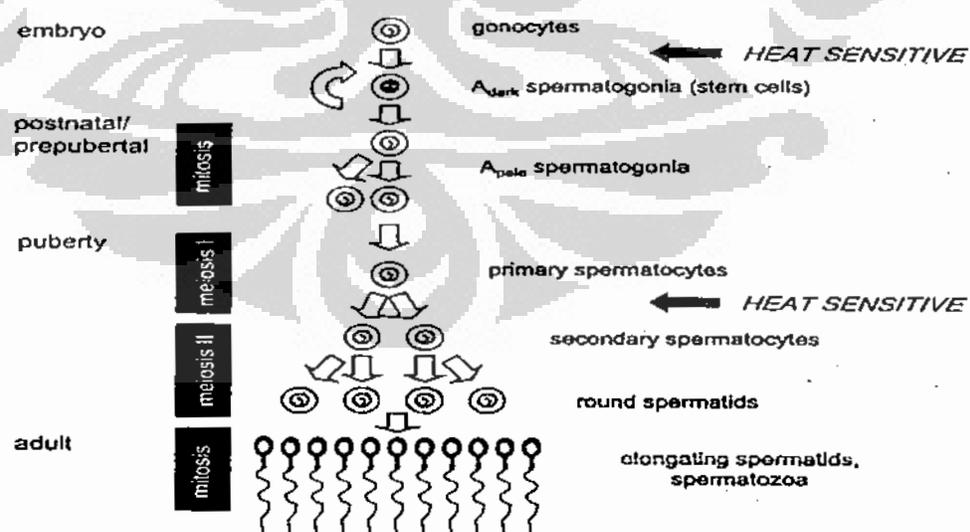
Standar frekuensi hubungan seksual yang dianggap cukup untuk dapat menyebabkan kehamilan dalam periode satu tahun adalah 3 kali per minggu. Jika infertilitas terjadi pada pasangan dengan frekuensi hubungan seksual kurang dari itu, tindakan pertama yang bisa dianjurkan untuk pasangan tersebut adalah dengan meningkatkan frekuensi hubungan seksual. Pakar psikologi tidak merekomendasikan agar hubungan difokuskan pada saat masa subur karena secara psikologis pasangan akan merasa terbebani dengan harapan akan terjadinya kehamilan jika hubungan seksual dilakukan pada periode tersebut.

Frekuensi hubungan seksual yang terlalu sering menyebabkan penurunan jumlah spermatozoa yang tersimpan dalam epididimis sehingga jumlah spermatozoa yang terdapat dalam ejakulat juga menurun. Oleh karena itu syarat sebelum dilakukan pemeriksaan analisa sperma adalah pasien abstinensia selama minimal 3 hari. Standar 3 hari ditentukan oleh WHO berdasarkan waktu yang diperlukan untuk terjadinya siklus spermatogenesis secara sempurna. Namun frekuensi hubungan seksual yang sering dapat memperbaki kualitas spermatozoa di tiap ejakulat berikutnya.

4. Riwayat perawatan dan operasi, malaria dan typhus, memberikan gambaran kesehatan pasien secara umum. Kondisi kesehatan yang tidak optimal berpengaruh terhadap keinginan dan kemampuan seseorang melakukan aktivitas reproduksi.
5. Infeksi tuberkulosis (TBC) dapat terjadi di hampir seluruh bagian tubuh manusia, mulai dari otak dan selaput otak, paru-paru, kelenjar getah bening, usus, tulang dan juga bisa terjadi pada organ reproduksi pria. Infeksi TBC pada testis, epididimis, vas deferens, vesikula seminalis, prostat dan duktus ejakulatori dapat menyebabkan infertilitas pria. Hal ini karena proses inflamasi dan jaringan parut yang timbul pasca infeksi sehingga terjadi distorsi dari anatomi normal dan menyebabkan obstruksi. Infertilitas mungkin menjadi tanda pertama adanya infeksi TBC pada saluran genito-urinaria dan tidak ditemukan gejala lain pada pasien ini (Kumar, 2008). Pertanyaan dan pemeriksaan kemungkinan TBC sebagai penyebab infertilitas pada pria tidak

boleh dilewatkan oleh klinisi karena Indonesia merupakan negara dengan endemik TBC.

6. Kejadian diabetes melitus (DM) semakin meningkat pada pria usia reproduktif. Namun berapa prevalensi pria dengan diabetes yang mendatangi klinik kesuburan tidak diketahui jumlahnya. Komplikasi akibat diabetes berupa mikroangiopati dan neuropati. Kedua hal ini sering menyebabkan kegagalan ereksi pada pria dengan DM. Tidak ada perbedaan yang terlihat pada karakteristik semen (bau, warna, pH dan viskositas) antara pasien DM dengan non-DM. Demikian juga dengan konsentrasi seminal dan jumlah spermatozoa motil pada kedua grup ini tidak berbeda (Petroianu et.al, 2009). Pengaruh DM pada spermatozoa terjadi pada kerusakan mtDNA spermatozoa dan peningkatan fragmen DNA inti sel.
7. Paparan panas. Proses spermatogenesis di dalam testis bersifat sensitif terhadap suhu. Suhu optimal yang diperlukan agar proses tersebut berlangsung sempurna adalah sekitar $1-2^{\circ}\text{C}$ di bawah suhu tubuh, yaitu antara $36.5^{\circ}\text{C} - 37.5^{\circ}\text{C}$. Ada juga literatur yang menyatakan suhu optimal spermatogenesis adalah 33.5°C . Paparan terhadap suhu yang melebihi suhu optimal tersebut akan menyebabkan ketidaksempurnaan hasil proses spermatogenesis. Gambar di bawah ini menjelaskan tahapan spermatogenesis yang rentan terhadap kenaikan suhu.



Gambar 2.4 Tahapan proses pematangan sperma

Sumber: www.ansci.wisc.edu/jjpl/ansci_re...dex.html

Beberapa hal yang dapat menyebabkan peningkatan suhu testis, antara lain: kebiasaan mandi panas, memakai cawat atau pakaian ketat, duduk dalam waktu yang lama, testis yang tidak turun ke dalam skrotum, adanya hernia skrotalis, dan paparan dari radiasi panas (dapat bersumber dari las, mesin/alat-alat berat, mesin cetak, proses *boiling*, dan sebagainya). Kerusakan akibat kenaikan suhu testis di mulai dari kerusakan morfologi spermatozoa, motilitas kemudian penurunan jumlah spermatozoa.

8. Pengaruh rokok terhadap parameter hasil analisa sperma telah diselidiki oleh banyak penelitian. Volume semen, pH, densitas spermatozoa dan jumlah spermatozoa dengan gerak lurus cepat pada perokok sedang hingga berat dan lama, sangat menurun dibanding pada bukan perokok. Kadar Zn, Cu dan SOD pada cairan seminalis juga menurun pada kelompok perokok tersebut (Zhang et.al., 2009). Efek rokok pada parameter semen pria infertil bersifat relasional terhadap dosis (jumlah rokok yang dikonsumsi) dan durasi merokok. Namun sifat relasional terhadap dosis lebih signifikan daripada relasional terhadap durasi merokok (Zenzes, 2000).
9. Beberapa penelitian telah memperlihatkan bahwa paparan alkohol, baik yang akut maupun kronik berkaitan dengan rendahnya tingkat hormon LHRH di hipotalamus dan hormon LH di pituitari (Solonen et.al., 1992). Penelitian lebih lanjut memperlihatkan bahwa alkohol juga menghambat sekresi testosteron oleh testis (Little et.al., 1992). Dengan mekanisme gangguan seperti di atas, profil analisa semen pada pria dengan paparan alkohol berupa penurunan jumlah sperma, motilitas dan morfologi sperma normal.
10. Stress secara umum diklaim mempengaruhi fertilitas. Stress dapat mempengaruhi aksis hipotalamus-hipofisis berupa keinginan seksual yang menurun dan berpengaruh pada gonad berupa penurunan parameter analisa semen. Kondisi stress meningkatkan radikal bebas dalam tubuh kita, di antaranya adalah ROS (*reactive oxygen species*) dan NO (*nitric-oxide*) dan menurunkan kadar antioksidan tubuh, seperti glutation dan sulfhidril. Eskiocak (2005) mendapatkan penurunan kadar glutation dan sulfhidril pada kelompok pelajar yang sedang mengalami stress dan Lampiao (2009) dengan kriteria

responden yang sama mendapati korelasi yang signifikan antara kondisi stress dengan penurunan konsentrasi dan motilitas spermatozoa, khususnya pada gerak lurus cepat. Peningkatan ROS dan NO menyebabkan sel spermatozoa mudah mengalami peroksidasi dan kematian sel.

11. Riwayat hepatitis yang pernah diderita pasien, khususnya hepatitis B atau C yang bersifat kronis dapat mempengaruhi infertilitas pria. Hal ini terjadi salah satunya karena hati berfungsi sebagai tempat metabolisme hormon steroid. Kerusakan fungsi hati menyebabkan proses metabolisme hormon testosteron berjalan tidak sempurna sehingga kadar testosteron dalam tubuh dan testis menurun sedangkan estradiol meningkat. Dampaknya proses spermatogenesis juga terhambat dan pada analisa semen didapati penurunan kualitas dan kuantitas spermatozoa.

2.2.3 Pemeriksaan Fisik

Pemeriksaan fisik pada pria infertil dimulai dengan keadaan umum, antara lain: postur tubuh, kondisi gizi dan kelenjar tiroid. Keadaan gizi kurang menyebabkan kuantitas dan kualitas sperma menurun. Pria dengan disproporsional postur berupa ekstremitas bawah yang panjang dan tampak mengalami maskulinisasi yang tidak sempurna merupakan ciri pria dengan tingkat hormon gonadotropik gonadisme yang rendah dan dapat juga berkaitan dengan kelainan kromosom, seperti pada sindroma Klinefelter atau sindroma Kallmann ((European Association of Urology, 2004). Aktivitas kelenjar tiroid yang tinggi (hipertiroidisme) berpengaruh terhadap beberapa parameter analisa semen, namun pengaruhnya yang signifikan jelas terhadap motilitas sperma (Krassas et.al., 2002). Parameter ini akan membaik setelah kadar hormon tirosin terkontrol pada level normal.

Berat badan berlebih mencapai obesitas terbukti berpengaruh terhadap hormon yang bekerja pada testis. Pria dengan indeks massa tubuh (IMT) mencapai obese didapati penurunan kadar serum testosteron, sex hormon-binding globulin, dan inhibin-B, sedangkan kadar estradiol dan indeks androgen bebas meningkat (Jensen et.el., 2004). Pengaruh IMT secara langsung terhadap kualitas dan kuantitas spermatozoa bervariasi. Jensen (2004) mendapati penurunan jumlah sperma normal pada pria obese dibanding pria normal, sedangkan motilitas dan jumlah spermatozoa tidak dipengaruhi oleh IMT. Abdullah & Bakry (2008)

memperoleh korelasi negatif antara IMT dengan jumlah, motilitas dan morfologi spermatozoa dan berbeda secara signifikan dibanding kelompok pria dengan IMT normal.

Status lokalis mendapat perhatian yang mendetail untuk menegakkan diagnosis infertilitas pria. Status lokalis yang diperiksa, yaitu: ada tidaknya ginekomastia, ciri-ciri perkembangan seks sekunder, suara, penis, praepitium, scrotum, testis, epididymis, vas deferens, varikokel dan kelenjar prostat. Pemeriksaan fisik khusus pada organ reproduksi pria dilakukan di ruang periksa dengan suhu hangat dan sarung tangan yang hangat juga. Suhu ruangan atau sarung tangan yang dingin menyebabkan terjadinya kontraksi pada otot kremaster dan tunika dartos sehingga mempersulit pemeriksaan skrotum dan organ yang ada di dalamnya. Poin-poin yang diperiksa dari status lokalis dijelaskan berikut ini.

1. Ginekomastia adalah keadaan berkembangnya kelenjar payudara pada pria. Hal ini dapat dihubungkan dengan keganasan pada testis yang mensekresi estrogen, tumor kelenjar adrenal dan penyakit hati. Pemeriksaan dilakukan dengan cara mengamati dan melakukan palpasi pada dada. Adanya cairan yang keluar dari puting atau teraba masa lunak pada payudara dapat terjadi pada tumor kelenjar pituitary yang mensekresi prolaktin. Hormon prolaktin ini menghambat pelepasan Luteinizing Hormon, suatu hormon dari hipotalamus yang diperlukan untuk pematangan sel sperma.
2. Absennya ciri-ciri perkembangan seksual sekunder, berupa rambut dada, aksila, kumis dan jenggot) dan suara yang terdengar seperti suara anak pra pubertas menandakan pria tersebut mengalami keterlambatan atau kegagalan pubertas. Umumnya ini terjadi karena kurangnya hormon gonadotropik atau yang dikenal dengan hipogonadotropik hipogonadisme. Ciri fisik lain yang akan ditemukan berkaitan dengan keadaan ini adalah volume testis yang kecil dan teraba lunak.
3. Suara laki-laki normal umumnya bass atau pecah. Pada pria dengan infertilitas dan didapati suaranya bernada tinggi atau masih seperti anak-anak merupakan bagian dari tanda-tanda kegagalan perkembangan seksual sekunder.

4. Penis. Kelainan yang dapat ditemukan pada penis dapat berupa ukuran yang di bawah rata-rata, letak lubang uretra (adakah hipospadia atau epispadia), adanya kelainan atau tanda infeksi saluran genito-urinaria pada kulit penis atau adakah tanda-tanda keganasan pada penis. Idealnya dokter juga memeras uretra untuk memastikan ada tidaknya cairan yang keluar dari sana.
5. Preputium. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan pada kulit yang menutupi glans penis atau preputium. Umumnya pria Indonesia tidak memiliki preputium lagi karena adanya kebiasaan melakukan sirkumsisi (khitan atau sunat) pada saat mereka masih anak-anak.
6. Skrotum atau kantong testis diperiksa keadaan kulitnya, bagaimanakah ketebalannya, besar kantong dan vena-vena yang tampak. Skrotum yang tebal akan meningkatkan suhu di dalam testis, demikian juga jika terdapat banyak vena-vena di permukaannya. Pelebaran pembuluh darah yang tampak pada skrotum disebut varikokel. Pembahasan lebih detail mengenai varikokel dibahas pada poin varikokel.
7. Testis dinilai ukuran, konsistensi, ada tidaknya nyeri dan tekanannya. Testis normal terdapat dua buah, di dalam skrotum sebelah kanan dan kiri. Ukuran testis kanan dan kiri bisa saja tidak simetris namun dalam rentang normal. Testis diukur menggunakan orchidometer. Ukuran testis normal adalah lebih dari 15 ml. Testis dikatakan atropik jika volumenya kurang dari atau sama dengan 6 ml. Volume antara normal dan atropik disebut dengan hipotropik, yaitu berkisar antara 6-15 ml.
Volume testis berkaitan langsung dengan profil semen dan infertilitas pria. Volume testis yang kurang dari 15 ml berkaitan dengan keadaan jumlah spermatozoa yang kurang (oligospermatozoa) dan volume testis kurang dari 10 ml mengindikasikan tidak adanya sperma dalam semen pasien (azoospermia). Selain jumlah spermatozoa, volume testis juga berkorelasi dengan motilitas sperma. Motilitas sperma menurun sesuai dengan menurunnya volume testis. Dengan demikian volume dapat membantu dokter menilai dengan cepat status fertilitas pria pada pemeriksaan awal (Arai et al., 1998; Bujan et al., 1989).

8. Epididimis adalah jaringan lembut berupa rigi-rigi yang berjalan secara longitudinal di belakang testis dan terpisah dari testis. Hal yang perlu dicari dari pemeriksaan epididimis adalah ada/tidaknya nodul atau kista, berapa ukurannya, sifatnya fluktuatif atau padat dan ada/tidak nyeri dan tanda-tanda peradangan. Adanya nodul atau kista kemungkinan terdapat spermatokel, bekas vasektomi, tuberkel, atau bekas infeksi sebelumnya. Nyeri yang terlokalisir menunjukkan adanya epididimitis. Epididimitis secara statistik berkaitan dengan penurunan kadar zinc dalam semen. Namun secara umum, dibandingkan dengan kelompok normal, kelompok pasien dengan epididimitis kronik memiliki kadar sperma yang lebih rendah, motilitas dan morfologi yang lebih rendah pula (Marconi et.al., 2009).
9. Vas deferens adalah saluran yang bisa diselusuri dari epididimis hingga kanalis inguinalis. Konsistensinya lunak dan kenyal seperti karet. Normalnya vas deferens mulus sepanjang salurannya.
10. Varikokel. Varikokel adalah dilatasi (pelebaran) dan berkeloknya jalinan pembuluh darah di skrotum, yang istilah medisnya disebut pleksus pampiniformis. Varikokel terdapat pada 15% populasi umum, 35% pada pria dengan infertilitas primer dan 78-81% pada pria dengan infertilitas sekunder (Cornell Institute for Reproductive Medicine). Pemeriksaan ada tidaknya varikokel dan derajat keparahannya dinilai dengan beberapa teknik dan posisi. Jika varikokel tidak terlihat dan teraba hanya dengan manuver Valsava, maka termasuk dalam derajat I. Jika tanpa manuver Valsava varikokel teraba namun tidak terlihat, maka termasuk derajat II. Jika varikokel dapat dengan mudah dilihat pada posisi berbaring, maka termasuk derajat III.
Mekanisme pengaruh varikokel terhadap fertilitas bisa berupa sumbatan jalan keluarnya sperma, peningkatan suhu testis, meningkatkan kadar NO, menghambat suplai oksigen pada sperma, menyebabkan disfungsi sel Leydig, fibrosis jaringan interstisial dan penebalan tubulus seminiferus (Rubenstein et.al, 2004). Parameter analisa semen yang berkaitan dengan varikokel berupa penurunan jumlah spermatozoa, peningkatan jumlah abnormal spermatozoa

dan penurunan motilitas spermatozoa (Cornell Institute for Reproductive Medicine).

11. Prostat. Pemeriksaan prostat dilakukan dari rektum, menurut ukuran, ada tidaknya kista, indurasi atau massa. Vesikula seminalis biasanya tidak teraba. Adanya kista pada garis tengah prostat atau vesikula seminalis yang teraba kemungkinan karena obstruksi saluran ejakulatori. Prostatitis kronik secara signifikan berkaitan dengan penurunan volume semen, kadar fruktosa dan kadar zinc dibanding kontrol. Selain itu pH pada prostatitis juga meningkat melebihi normal, hingga mencapai 8.3 (Marconi et.al., 2009)

2.2.4 Laboratorium

Pemeriksaan laboratorium yang diuraikan dalam pembahasan ini adalah khusus tentang analisa semen. Analisa semen terdiri dari serangkaian pengukuran deskriptif parameter spermatozoa dan air mani yang membantu untuk memperkirakan kualitas semen. Analisa semen konvensional analisis meliputi pengukuran aspek-aspek tertentu spermatozoa seperti konsentrasi, motilitas dan morfologi dan plasma seminalis. Kuantifikasi dan identifikasi non-spermatozoidal sel dan deteksi antibodi antisperm juga bagian dari analisis semen dasar. Nilai normal parameter air mani yang dikeluarkan oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) pada tahun 1992 umumnya digunakan sebagai nilai referensi (Tabel 1). Idealnya, setiap laboratorium harus menetapkan nilai-nilai normal sendiri untuk mencerminkan populasi spesifik yang dianalisis.

Teknik pengumpulan dan pengiriman sampel semen, adalah sebagai berikut:

1. Sampel harus dikumpulkan setelah minimal 48 jam dan tidak lebih dari 7 hari berpantang hubungan seksual. Nama pasien, periode pantang, tanggal dan waktu koleksi harus dicatat. Jika durasi abstinensia lebih dari 7 hari akan didapati motilitas spermatozoa dengan gerak lurus akan menurun dan jika kurang dari 48 jam kemungkinan konsentrasi spermatozoa akan menurun, tapi tidak berpengaruh terhadap motilitas.
2. Dua sampel semen harus dikumpulkan untuk evaluasi awal. Interval waktu antar 2 sampel ini tidak kurang dari 7 hari dan tidak boleh lebih dari 3 bulan. Jika terdapat perbedaan yang mencolok pada kedua sampel ini, perlu dilakukan pemeriksaan tambahan. Analisa semen multipel memberikan nilai

evaluasi yang dapat dipercaya dalam menegakkan diagnosis infertilitas pada pria.

3. Idealnya sampel dikumpulkan dalam ruang privasi dekat laboratorium. Atau jika tidak sampel harus dikirim ke laboratorium dalam waktu 1 jam setelah diperoleh.
4. Sampel diperoleh dengan cara masturbasi dan ejakulat dikumpulkan dalam wadah kaca bermulut lebar atau kontainer plastik yang bersih. Jika digunakan kontainer plastik, dipastikan bahwa bahan plastiknya tidak bersifat toksik bagi spermatozoa. Kontainer sebaiknya hangat, untuk menghindarkan risiko sengatan dingin.
5. Kondom biasa tidak boleh digunakan untuk pengumpulan air mani karena mereka dapat mengganggu kelangsungan hidup spermatozoa. Dalam kasus di mana masturbasi adalah tidak mungkin atau terhadap nilai-nilai seorang individu, spesimen dapat dikumpulkan dalam kondom non-spermicidal setelah hubungan seksual. Telah terbukti bahwa sampel air mani yang dikumpulkan selama hubungan seksual menggunakan kondom plastik khusus atau perangkat koleksi silastic cenderung memiliki parameter yang lebih baik. Penulis lain, merujuk pada pengalaman mereka, berpandangan bahwa kualitas spesimen ketika dikumpulkan dengan cara ini umumnya dapat dikompromikan. Dengan cara ini koleksi harus dipertimbangkan untuk sampel kedua jika pertama menunjukkan volume yang relatif rendah.

Coitus interruptus tidak dapat diterima sebagai sarana untuk mendapatkan semen karena sangat mungkin bagian awal dari ejakulat yang berisi spermatozoa konsentrasi tinggi akan hilang. Selain itu akan terjadi kontaminasi sel, bakteri dan pH asam vagina yang berakibat buruk pada motilitas spermatozoa.

6. Sampel yang tidak lengkap sebaiknya tidak dianalisa, terutama jika bagian pertama ejakulat yang hilang. Sampel harus dilindungi dari suhu yang ekstrim (tidak kurang dari 20°C dan tidak lebih dari 40°C selama transportasi ke laboratorium. Sampel harus segera diperiksa setelah likuifaksi dan tentunya.

Tabel 2.1 Nilai Normal Variabel Analisa Semen (WHO 1992)

Tes Standard	
volume	2,0 ml atau lebih
pH	7,2-8,0
konsentrasi sperma	20×10^6 spermatozoa / ml atau lebih
total sperma	40×10^6 spermatozoa per ejakulasi atau lebih
Motilitas	50% atau lebih dengan gerak lurus (kategori a dan b) atau 25% atau lebih dengan gerak lurus cepat (kategori a) dalam waktu 60 menit dari ejakulasi
morfologi	30% atau lebih dengan bentuk normal
daya hidup/viabilitas	75% atau lebih hidup, yaitu, tidak termasuk pewarna
leukosit	kurang dari 1×10^6 / ml
uji immunobead	kurang dari 20% spermatozoa dengan partikel menempel
MAR test	kurang dari 10% spermatozoa dengan partikel menempel
Tes Pilihan	
α -glukosidase (netral)	20 mU atau lebih per ejakulasi
seng (total)	$2,4 \mu\text{-mol}$ atau lebih per ejakulasi
asam sitrat (total)	$52 \mu\text{-mol}$ atau lebih per ejakulasi
asam fosfatase (total)	200 U atau lebih per ejakulasi
fruktosa (total)	$13 \mu\text{-mol}$ atau lebih per ejakulasi

Tabel 2.2 Nomenklatur untuk Variabel Semen (WHO 1992)

normozoospermia	Ejakulasi normal sebagaimana didefinisikan dalam tabel 2.1
oligozoospermia	konsentrasi sperma kurang dari 20×10^6 / ml
asthenozoospermia	Kurang dari 50% spermatozoa dengan gerak lurus (kategori a dan b) atau kurang dari 25% spermatozoa dengan gerak lurus cepat
teratozoospermia	Kurang dari 30% spermatozoa dengan morfologi normal
oligoasthenoteratozoospermia	Menandakan gangguan dari ketiga variabel
azoospermia	tidak ada spermatozoa dalam ejakulat
aspermia	Tidak ada ejakulat

2.2.4.1 Pemeriksaan Makroskopis

Pemeriksaan makroskopis semen, terdiri dari: warna, likuifaksi, bau, pH, volume dan viskositas. Warna normal semen dengan inspeksi sederhana adalah putih keabu-abuan dan homogen. Warna semen merah muda menunjukkan adanya sel darah merah dalam semen (haemospermia). Likuifaksi atau pencairan semen yang normal terjadi dalam waktu 60 menit pada suhu ruangan karena adanya pengaruh enzim dari prostat. Bau semen khas, jika didapati bau lain, mungkin terjadi perubahan pada pH atau terdapat komponen-komponen selular yang mengubah bau semen.

Konsistensi, juga disebut viskositas, dihitung dengan cara menghisap semen ke dalam pipet 5 ml atau dengan cara menempelkan sebuah batang kaca ke dalam semen kemudian diamati untai yang jatuh dari ujung pipet atau dari ujung kaca tersebut. Normalnya, tetesan semen berbentuk untai terbentuk kurang dari 2 cm atau dalam waktu kurang dari 6.25 detik. Peningkatan konsistensi memiliki arti klinis yang sama dengan peningkatan likuifaksi, kemungkinan terkait dengan disfungsi prostat akibat peradangan kronis. Semen yang sangat kental dapat mengganggu daya tahan sperma di tempat fertilisasi.

Komponen utama dari volume ejakulat terdiri dari sekresi kelenjar aksesori seksual. Sebagian besar volume disekresi oleh vesikula seminalis dan antara 0,5 dan 1 ml berasal dari prostat. Volume ejakulasi harus diukur dengan tepat dan teknik pengukurannya harus terhindar dari kehilangan volume ejakulat akibat perpindahan dari tabung maupun pipet. Volume ejakulat yang rendah dapat mencerminkan kelainan pada sintesis atau sekresi kelenjar aksesori seksual. Hal ini dapat juga karena suatu sumbatan di saluran reproduksi, atau mungkin terjadi dalam kasus-kasus yang tidak lengkap atau (sebagian) ejakulasi retrograde. Volume yang besar kadang-kadang ditemukan dalam hubungan dengan varikokel atau setelah periode yang relatif lama berpantang seksual.

pH ditentukan oleh sekresi asam dari prostat dan sekresi alkalin vesikula seminalis. Biasanya berada dalam kisaran 7,2-8,0. Jika pH melebihi 8,0 harus dicurigai adanya infeksi dengan penurunan sekresi asam oleh prostat, seperti asam sitrat. pH abnormal juga dapat ditemukan pada kasus-kasus ejakulasi tidak

lengkap. pH sangat asam (<6,5) ditemukan dalam kasus-kasus agenesis (atau oklusi) dari vesikula seminalis.

2.2.4.2 Pemeriksaan Mikroskopis

Selama pemeriksaan mikroskopis awal dilakukan estimasi motilitas dan konsentrasi spermatozoa dilakukan. Adanya sel selain spermatozoa dan aglutinasi spermatozoa juga ditentukan di awal pemeriksaan.

Motilitas. Beberapa tahun terakhir, sejumlah teknik untuk penilaian obyektif karakteristik gerakan spermatozoa manusia telah diperkenalkan dengan menggunakan sistem analisa semen berbasis computer (*CASA-computer assisted semen analysis*). Namun untuk tujuan analisis konvensional lebih dianjurkan menggunakan sistem klasifikasi sederhana yang memberikan penilaian terbaik motilitas sperma tanpa menggunakan peralatan yang kompleks.

Perhitungan motilitas dilakukan pada suhu kamar antara 18 dan 24°C. Pada suhu di luar kisaran ini akan terjadi beberapa perubahan pada motilitas sperma dan ini harus distandarisasi di laboratorium.

Motilitas setiap spermatozoa yang terlihat dinilai a, b, c, atau d berdasarkan yang terlihat:

- (a) bergerak progresif lurus cepat
- (b) bergerak progresif lambat
- (c) bergerak di tempat
- (d) tidak bergerak

Setidaknya 100 spermatozoa diklasifikasikan dengan cara ini. Sebaiknya lapang pandang dekat perbatasan kaca penutup harus dihindari. Prosedur ini dianjurkan untuk ulangi pada tetes semen kedua.

Konsentrasi sperma. Konsentrasi dapat diperkirakan secara kasar pada pemeriksaan awal untuk menentukan prosedur pengenceran yang akan digunakan dan untuk mengindikasikan apakah sentrifugasi mungkin diperlukan untuk mempersiapkan apusan yang memadai untuk analisis morfologi.

Selain sel spermatozoa. Ejakulat biasanya mengandung sel-sel lain selain spermatozoa. Ini mencakup sel-sel poligonal dari epitel saluran uretra, sel leukosit dan eritrosit. Jika ditemukan banyak sel epitel dan bakteri, maka sampel diperoleh dengan cara coitus interruptus dan sel-sel tersebut berasal dari vagina. Adanya sel

leukosit dalam semen dan kaitannya dengan fertilitas pria masih diperdebatkan. Beberapa laporan memperlihatkan bahwa leukositospermia tidak memiliki nilai diagnostik dalam mengidentifikasi infeksi aktual pada pria. Demikian juga pemeriksaan leukosit seminalis pada analisa semen rutin, tampaknya memiliki nilai prognosis yang kecil terhadap potensi kesuburan pria (Trum et.al. 1998).

Peneliti lain melihat bahwa adanya sejumlah sel leukosit mungkin berkaitan dengan infeksi atau inflamasi kelenjar aksesori dan efek hidrogen peroksida yang disekresi oleh sel leukosit pada spermatozoa jelas terbukti (Comhaire & Vermeulen, 1995). Uji statistik sederhana yang dilakukan oleh Taufik, 2009, memperlihatkan adanya korelasi yang signifikan antara jumlah leukosit dalam semen dengan motilitas sperma.

Aglutinasi. Aglutinasi spermatozoa berarti bahwa spermatozoa motil lengket satu sama lain, kepala ke kepala, bagian tengah ke bagian tengah, ekor, atau campuran, misalnya bagian tengah ke ekor. Adanya aglutinasi diduga berkaitan dengan faktor imunologis yang mempengaruhi kesuburan, namun belum ada cukup bukti. Besarnya aglutinasi penting untuk dicatat, bahkan dalam jumlah yang kecil sekalipun. Idealnya, jika terdapat aglutinasi, seharusnya dilakukan kultur sperma untuk menyingkirkan adanya infeksi, misalnya *Escheria coli*. Aglutinasi sperma merupakan indikasi perlunya dilakukan tes antibodi antisperm orang subur.

Viabilitas sperma. Teknik pemeriksaan viabilitas sperma harus bisa membedakan sperma immotil dengan sperma mati. Teknik ini juga seharusnya dapat memberikan evaluasi motilitas yang akurat karena jumlah sel sperma yang mati seharusnya tidak lebih dari jumlah sperma immotil. Penurunan jumlah sperma motil dengan jumlah sperma viabel yang tinggi kemungkinan menggambarkan abnormalitas struktur atau metabolisme sperma yang berasal dari fungsi testis yang abnormal atau adanya faktor antimotilitas dari plasma seminalis.

Uji Hypo-osmotic swelling (HOS). Tes ini mengukur integritas membran sperma dengan memeriksa kemampuannya membengkak saat berhubungan dengan media hypo-osmotik dan telah diklaim relevan dengan kemampuan fertilisasi. Dasar dari tes ini adalah bahwa membran ekor sperma yang tidak rusak memungkinkan cairan masuk ke dalam ruang sitoplasma, menyebabkan pembengkakan dan tekanan yang terjadi membuat ekor sperma melingkar. Sedangkan membran yang

rusak atau inaktif secara kimia akan membuat cairan melewati membran tanpa ada akumulasi, pembengkakan dan pengerutan ekor. Tes ini tidak digunakan untuk mengetahui fungsi sperma, namun bisa sebagai tambahan untuk tes vitalitas/viabilitas sperma.

Menghitung spermatozoa. Jumlah total spermatozoa menggambarkan spermatogenesis dan berhubungan dengan lamanya abstinensia hubungan seksual. Parameter analisa semen yang paling banyak digunakan adalah perhitungan spermatozoa. Pria dengan jumlah sperma <20 juta/ml biasanya dianggap sub-fertil dan laki-laki dengan spermatozoa <5 juta/ml sering dianggap infertil.

Analisis karakteristik morfologi spermatozoa. Pria dengan fertilitas normal bisa memiliki defek morfologi hingga 50%, bahkan menurut kriteria WHO hingga 70%. Variabilitas bentuk spermatozoa membuat evaluasi morfologi sperma sulit dilakukan, namun observasi bentuk spermatozoa dari saluran reproduksi wanita (terutama pada mukus serviks pos koitus) membantu menentukan bentuk normal spermatozoa. Beberapa hal yang prinsip dalam menentukan spermatozoa normal, yaitu:

- Kepala berbentuk oval, panjang kepala harus 4,0-5,5 mm dan rasio panjang lebar harus 1,50-1,75, harus ada akrosom yang meliputi 40-70% area kepala.
- Harus tidak ada defek pada leher, bagian tengah dan ekor
- Tidak ada tetesan sitoplasma lebih dari sepertiga ukuran kepala sperma normal
- Semua kondisi di luar kriteria di atas dianggap tidak normal

Morfologi sperma memberikan informasi mengenai fungsi saluran reproduksi dan merupakan prediktor potensial kesuburan pria. Kerusakan morfologi mungkin terjadi selama produksi sperma atau selama penyimpanan dalam epididimis. Meningkatnya jumlah spermatozoa yang belum matang mungkin karena disfungsi epididimis atau merupakan konsekuensi dari ejakulasi yang sering. Meningkatnya jumlah spermatozoa dengan kepala lonjong ditemukan berkaitan dengan varikokel. Dalam beberapa dilaporkan bahwa persentase spermatozoa yang meruncing, mengandung tetesan sitoplasma dan spermatozoa

dengan ekor bengkok secara signifikan meningkat pada pasien varikokel dibandingkan dengan kontrol (Rrumbullaku et.al., 1998)

Analisis biokimia. Ada berbagai penanda biokimia fungsi kelenjar aksesori, misalnya, asam sitrat, seng dan fosfatase asam untuk kelenjar prostat; fruktosa dan prostaglandin untuk vesikula seminalis, glycerophosphocoline L-karnitin, bebas, dan alfa-glukosidase untuk epididymus. Penurunan kadar penanda ini mencerminkan fungsi sekresi kelenjar yang menurun. Infeksi kadang-kadang dapat menyebabkan penurunan yang cukup besar dalam fungsi sekretori kelenjar ini. Uji fruktosa juga berguna dalam kasus disgenesis dari vesikula seminalis dan dalam kasus yang jarang terjadi obstruksi saluran ejakulasi.

2.3 Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) atau dalam istilah asalnya *artificial neural network* adalah sebuah model yang terdiri dari *neuron* buatan yang saling berkoneksi dan memiliki karakteristik yang mengintimasi jaringan saraf biologis (*biological neural network*). Jaringan saraf tiruan dibuat pertama kali pada tahun 1943 oleh *neurophysiologist* Warren McCulloch dan *logician* Walter Pitts, namun teknologi yang tersedia pada saat itu belum memungkinkan mereka berbuat lebih jauh.

Jaringan saraf tiruan merupakan generalisasi dari pemodelan matematis dalam proses kognitif otak manusia. Jaringan saraf tiruan tidak mendekati kompleksitas proses dalam otak. Namun terdapat 2 kunci kesamaan antara jaringan saraf biologis dengan jaringan saraf tiruan. Pertama, blok bangunan antara jaringan saraf biologis dan buatan adalah perangkat komputasional yang sederhana (meskipun JST lebih sederhana daripada jaringan biologis) yang memiliki interkoneksi kuat. Kedua, koneksi antar neuron menentukan fungsi jaringan (Hagan, Demuth & Beale, 1996). Kemampuan JST untuk menyesuaikan bobot sebagai tanggapan atas input dan output yang diinginkan membuat JST lebih adaptif daripada sistem kepakaran yang diprogram untuk membuat kesimpulan berdasarkan data atau pengetahuan dari lingkungan.

Kumar & Haynes (2003) mengidentifikasi beberapa aplikasi JST, yaitu:

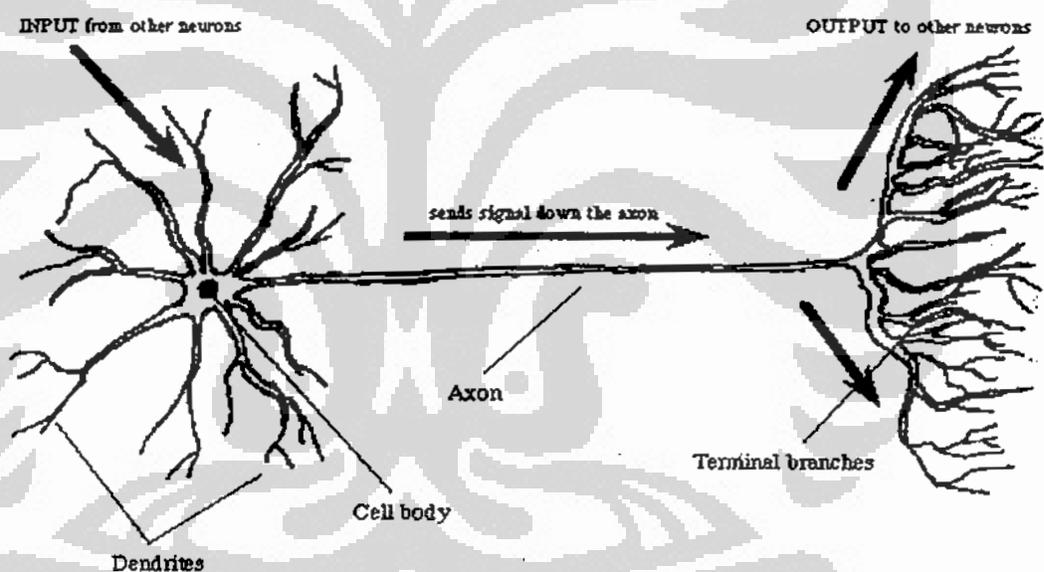
- Estimasi/prediksi (aproksimasi fungsi, peramalan)
- Pengenalan pola (klasifikasi, diagnosis dan analisa diskriminan)
- Klustering (pengelompokan tanpa adanya pengetahuan sebelumnya)

- Optimasi (pencarian solusi terhadap model linear dan non linear yang melibatkan variabel kontinu/diskret)

JST dapat diaplikasikan pada semua bidang, mulai dari kedirgantaraan, otomotif, perbankan, keuangan, sistem pertahanan, elektronik, asuransi, industri, hiburan, perminyakan dan gas, robotik, percakapan, keamanan, transportasi hingga kedokteran. Apalikasinya di bidang kedokteran, misalnya: analisa kanker payudara, analisa EEG dan EKG, desain prosthesis, optimasi periode transplantasi, pengurangan biaya perawatan, peningkatan kualitas rumah sakit, uji kelayakan ruang gawat darurat, dan sebagainya.

2.3.1 Dasar-dasar Jaringan Saraf Tiruan

Karakteristik jaringan saraf tiruan ditentukan oleh arsitektur jaringan, algoritma jaringan (pelatihan, pembelajaran) dan fungsi aktivasi neuron.

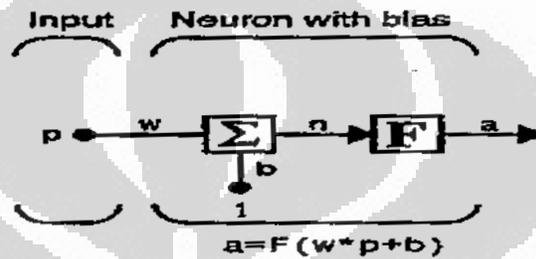


Gambar 2.5 Jaringan Saraf Biologis

Sumber: http://biomed.brown.edu/Courses/BI108/BI108_2001_Groups/Introduction/neuron.gif

1. Neuron merupakan unit dasar dari sebuah JST yang mampu memproses input yang diberikan terhadap JST (Karnidita, 2006). Neuron berfungsi menerima input data (p), memprosesnya dan kemudian mengeluarkan sebuah output (a). Input yang diterima oleh neuron bisa berasal dari data mentah atau output dari neuron lain. Neuron biologis memiliki 3 komponen, yaitu dendrit, akson dan badan sel. Dendrit adalah reseptor yang menerima masukan dari sinaps, oleh badan sel masukan ini diolah menghasilkan keluaran yang dibawa oleh akson

menuju badan sel lain atau menuju organ motorik tubuh. Serupa dengan neuron biologis, neuron JST memiliki beberapa komponen, yaitu neuron yang memiliki bobot bias (w), bias (b) dan hasil operasional w, b , dan p yang disebut n (Hagan et.al. 1996). Bobot analog dengan kekuatan sinaps yang menghubungkan antara dendrit dengan neuron lain. Badan sel dilambangkan dengan penjumlahan w, b , dan p serta fungsi transfer. Sedang a menyatakan sinyal yang dikeluarkan oleh akson.



Gambar 2.6 Satu Unit Neuron JST
Sumber: Manual Matlab 1994

2. **Input.** Input adalah data yang masuk ke suatu neuron. Input bisa berasal dari dunia di luar jaringan dan bisa berasal dari neuron lain. Input yang bisa diolah oleh JST hanya berupa bilangan, input berupa grafik atau yang bersifat kualitatif tidak bisa diolah oleh JST. Input pada JST harus disesuaikan dengan fungsi transfer yang digunakan sehingga kadang-kadang perlu diolah atau dinormalisasi terlebih dahulu agar bisa diolah oleh JST.
3. **Output.** Seperti hanya input, output terdiri dari dua macam, yaitu output sebuah neuron untuk diolah oleh neuron lain dan output yang merupakan hasil akhir suatu jaringan. Tujuan utama dari jaringan adalah mendapatkan output dari input yang kita berikan.
4. **Bobot.** Bobot menggambarkan kekuatan relatif dari berbagai koneksi yang mentransfer informasi dari lapis ke lapis jaringan lain. Bobot mewakili tingkat kepentingan setiap input ke dalam neuron. Bobot merupakan komponen yang sangat penting dalam JST karena pembelajaran untuk menghasikan dilakukan penyesuaian bobot.
5. **Fungsi transfer/aktivasi.** Fungsi transfer mengubah hasil penjumlahan input (n) menjadi output (a). Terdapat beberapa fungsi transfer dalam JST, antara lain dapat dilihat pada tabel 2.3. Fungsi transfer yang dianggap paling sesuai

dengan kenyataan dan paling sering digunakan adalah fungsi berbentuk sigmoid, bisa berupa logsig atau tansig.

Tabel 2.3 Macam-macam Fungsi Transfer

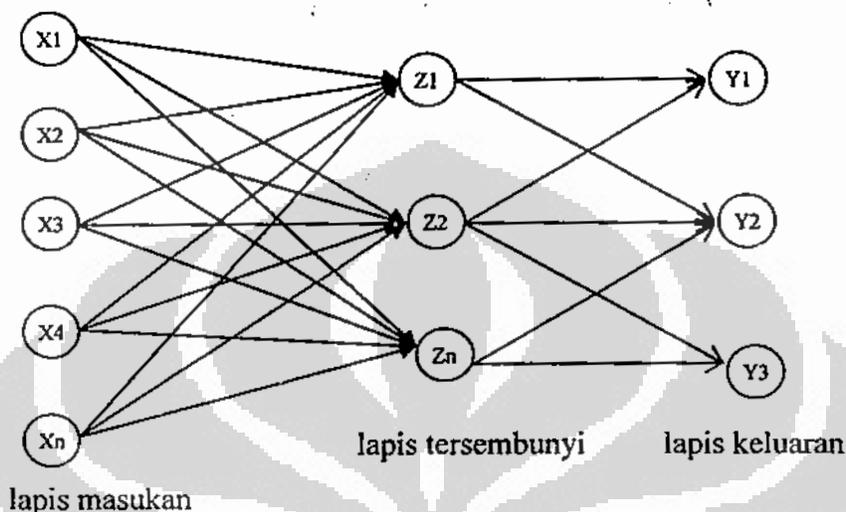
Name	Input/Output Relation	Icon	MATLAB Function
Hard Limit	$a = 0 \quad n < 0$ $a = 1 \quad n \geq 0$		hardlim
Symmetrical Hard Limit	$a = -1 \quad n < 0$ $a = +1 \quad n \geq 0$		hardlims
Linear	$a = n$		purelin
Saturating Linear	$a = 0 \quad n < 0$ $a = n \quad 0 \leq n \leq 1$ $a = 1 \quad n > 1$		satlin
Symmetric Saturating Linear	$a = -1 \quad n < -1$ $a = n \quad -1 \leq n \leq 1$ $a = 1 \quad n > 1$		satlins
Log-Sigmoid	$a = \frac{1}{1 + e^{-n}}$		logsig
Hyperbolic Tangent Sigmoid	$a = \frac{e^n - e^{-n}}{e^n + e^{-n}}$		tansig
Positive Linear	$a = 0 \quad n < 0$ $a = n \quad 0 \leq n$		poslin
Competitive	$a = 1 \quad \text{neuron with max } n$ $a = 0 \quad \text{all other neurons}$		compel

Sumber: Hagan et.al. 1996

6. Jaringan

Jaringan yang dapat dirancang dalam JST dapat bervariasi, mulai terdiri dari neuron tunggal hingga neuron jamak dan dari satu lapis hingga banyak lapis. Semakin kompleks jaringan yang disusun, semakin baik kemampuannya

menyelesaikan masalah. Namun membutuhkan proses pelatihan dan simulasi yang lebih lama untuk mendapatkan hasil yang konsisten.



Gambar 2.7 Jaringan Saraf Tiruan Multi Lapis

Jaringan saraf tiruan yang paling sederhana terdiri dari satu lapis masukan dan satu lapis keluaran. Jaringan saraf tiruan yang lebih kompleks memiliki satu atau beberapa lapis tersembunyi. Jumlah neuron dalam lapis masukan ditentukan oleh jumlah variabel (dimensi) data sedangkan jumlah neuron dalam lapis keluaran disesuaikan dengan jumlah output yang diinginkan. Sedangkan jumlah lapis dan neuron dalam lapis tersembunyi diperoleh dengan cara mencoba beberapa variasi jumlah lapis tersembunyi dan jumlah neuron hingga diperoleh hasil yang paling optimal. Namun ada pendapat yang menyatakan bahwa satu lapis saja lapisan tersembunyi dapat menyelesaikan berbagai masalah (Fahey, 2001; Hornik et.al., 1990)

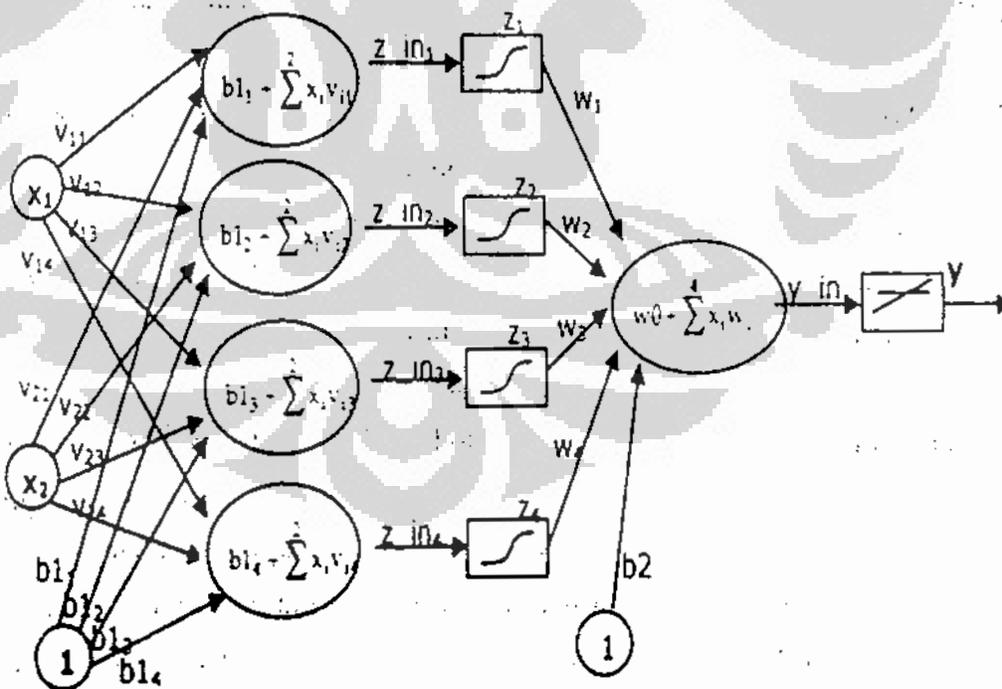
Suatu jaringan bisa menyelesaikan masalah melalui proses pembelajaran/pelatihan sebelumnya. Metode pelatihan dalam JST, menurut Kusumoputro (2001), terbagi tiga, yaitu: pelatihan dengan pengarah, tanpa pengarah dan tanpa pelatihan (dengan bobot tetap). Pelatihan dengan pengarah dilakukan dengan menyajikan secara berurut pola latihan-masukan bersama target-keluaran. Perbedaan antara latihan-masukan dan target-keluaran digunakan untuk menghitung penyesuaian bobot pada jaringan. Contoh metode

ini, antara lain: *perceptron*, *backpropagation*, *supervised Hebbian learning*, *Adaline* dan sebagainya.

Metode pelatihan tanpa pengarah, jaringan hanya menerima pola latihan-masukan dan jaringan akan membuat beberapa unit kelompok keluaran. Jaringan akan memperbarui bobotnya sehingga pola masukan yang paling mirip akan dimasukkan ke dalam kelompok yang sama. Contoh jaringan tanpa pelatihan, yaitu *Kohonen self organizing feature maps* dan *Hamming/competitif network*.

2.3.2 Backpropagation

Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi atau menggunakan pengarah dan biasanya digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapis tersembunyinya. Algoritma backpropagation menggunakan error pada output yang diperoleh pada tahap perambatan maju (forward) untuk mengubah bobot-bobotnya dalam arah mundur (backward). Pada saat perambatan maju, neuron-neuron diaktifkan menggunakan fungsi aktivasi yang dapat dideferensiasikan, seperti sigmoid.



Gambar 2.8. Model Matematis Jaringan Backpropagasi

Sumber: Sri Kusumadewi, 2004

Algoritma backpropagasi secara lengkap dinyatakan sebagai berikut:

Langkah 1 Inisialisasi bobot dan bias. Bobot awal ditentukan dengan nilai acak yang cukup kecil. Biasanya angka disekitar 0 dan 1 (umumnya dimulai dengan 0,5 atau -0,5). Bias umumnya digunakan 1 atau -1 (bias positif dan negatif). Inisialisasi bobot awal bisa juga ditentukan dengan metode tertentu, seperti Nguyen-Widrow.

Langkah 2 Menetapkan maksimal epoch dan target error sebagai *stopping condition*. Jika *stopping condition* masih belum terpenuhi jalankan poin (a) hingga (c).

a) *Feedforward*:

1. Setiap unit input (X_i , $i = 1,2,3,4,\dots,n$) menerima sinyal input x_i dan meneruskan sinyal tersebut ke semua unit pada lapisan selanjutnya (lapis tersembunyi). Input X_i yang dipakai di sini adalah input data yang sudah diskalakan sesuai dengan fungsi aktivasi yang digunakan. Jika yang dipakai adalah fungsi sigmoid biner yang mempunyai harga terendah 0 dan harga tertinggi 1, maka nilai input terendah juga dianggap 0 dan harga tertinggi dianggap 1. Nila-nilai diantaranya bervariasi antara 0 dan 1. Sedangkan bila yang digunakan adalah fungsi sigmoid bipolar, maka rentang nilainya juga bervariasi mulai -1 sampai dengan 1.
2. Setiap unit pada lapisan tersembunyi (Z_j , $j = 1,2,3,4,\dots,p$), menjumlahkan sinyal-sinyal input yang sudah berbobot, termasuk biasnya:

$$z_in_j = b1_j + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \quad (2.1)$$

gunakan fungsi aktivasi yang telah ditentukan untuk menghitung sinyal outputnya:

$$z_j = f(z_in_j) \quad (2.2)$$

dan mengirimkan sinyal output ini ke seluruh unit pada unit output.

3. Setiap unit output (Y_k , $k=1,2,3,4,\dots,m$), menjumlahkan sinyal-sinyal input yang sudah berbobot, termasuk biasnya.

$$y_in_k = b2_k + \sum_{i=1}^p z_i w_{ik} \quad (2.3)$$

Gunakan fungsi aktivasi yang telah ditentukan untuk menghitung sinyal outputnya:

$$Y_k = f(y_in_k) \quad (2.4)$$

dan mengirimkan sinyal ini ke seluruh unit pada lapisan output.

b) Propagasi kesalahan

1. Setiap unit output (Y_k , $k = 1, 2, 3, 4, \dots, m$) menerima suatu target pola yang berhubungan dengan pola input pembelajaran, menghitung informasi errornya:

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{in\ k}), \quad (2.5)$$

menghitung koreksi bobotnya:

$$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k z_j \quad (2.6)$$

menghitung koreksi biasnya:

$$\Delta b_{2k} = \alpha \delta_k \quad (2.7)$$

2. Setiap unit tersembunyi (Z_j , $j = 1, 2, 3, 4, \dots, p$) menjumlah delta input (yang dikirim dari step sebelumnya) yang sudah berbobot.

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_{2k} w_{jk} \quad (2.8)$$

Nilai ini dikalikan dengan turunan dari fungsi aktivasi yang digunakan jaringan untuk menghitung informasi error:

$$\delta_j = \delta_{in_j} f'(z_{in_j}) \quad (2.9)$$

menghitung koreksi bobotnya:

$$\Delta v_{ij} = \alpha \delta_j x_i \quad (2.6)$$

menghitung koreksi biasnya:

$$\Delta b_{1j} = \alpha \delta_j \quad (2.7)$$

c) Pembaharuan bobot-bobot dan bias

Setiap unit output (Y_k , $k = 1, 2, 3, \dots, m$) akan memperbaharui bias dan bobotnya dari setiap hidden unit ($j = 0, \dots, p$):

$$w_{jk}(\text{baru}) = w_{jk}(\text{lama}) + \Delta w_{jk} \quad (2.8)$$

$$b_{2k}(\text{baru}) = b_{2k}(\text{lama}) + \Delta b_{2k} \quad (2.9)$$

demikian pula untuk setiap hidden unit (Z_j , $j = 1, 2, 3, \dots, p$) akan memperbaharui bias dan bobotnya dari setiap unit input ($i = 0, 1, 2, 3, \dots, n$)

$$v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{lama}) + \Delta v_{ij} \quad (2.10)$$

$$b_{1j}(\text{baru}) = b_{1j}(\text{lama}) + \Delta b_{1j} \quad (2.11)$$

- d) Pengujian kondisi berhenti. Dilakukan dengan membatasi jumlah iterasi yang ingin dilakukan atau dengan membatasi error. Fungsi kesalahan yang

digunakan pada penelitian ini adalah fungsi kesalahan kuadratis. Jika terdapat m training data, maka :

$$E = 0.5 * \{(tk_1 - yk_1)^2 + (tk_2 - yk_2)^2 + \dots + (tk_m - yk_m)^2\} \quad (2.12)$$

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pembelajaran dengan metode *backpropagation* menurut Kusumoputro (2001), antara lain:

1. Inisialisasi bobot. Pemberian bobot awal menentukan proses pembelajaran jaringan untuk mencapai konvergensi dan mengalami kesalahan minimal. Bobot biasanya ditentukan secara acak dengan nilai berkisar 0.5 sampai dengan -0.5 atau dengan metode tertentu, seperti Widrow Nguyen.
2. Fungsi aktivasi. Umumnya setiap unit dalam satu lapisan mempunyai fungsi aktivasi yang sama dan fungsi aktivasi harus kontinu dan monoton tidak menurun.
3. Fungsi kesalahan. Sistem JST *backpropagation* menggunakan prosedur gradient descent untuk meminimalkan suatu fungsi kesalahan. Fungsi kesalahan yang digunakan berbentuk fungsi kesalahan kuadratis sebagaimana pada persamaan (2.12)
4. Laju pembelajaran. Merupakan parameter yang berfungsi mengendalikan proses penyesuaian bobot. Nilainya tergantung kasus yang dihadapi. Laju pembelajaran yang terlalu kecil menyebabkan konvergensi jaringan menjadi lambat, sedang laju pembelajaran yang terlalu besar menyebabkan ketidakstabilan jaringan.
5. Momentum. Momentum digunakan untuk mempercepat pelatihan jaringan. Metode momentum melibatkan penyesuaian bobot ditambah dengan faktor tertentu dari penyesuaian sebelumnya. Nilainya 0 hingga 1.

Hasil jaringan yang optimal diperoleh dengan mengubah faktor-faktor pembelajaran di atas hingga diperoleh nilai kesalahan seminimal mungkin.

2.3.3 Kelebihan dan Kekurangan JST

Selama ini pengambilan keputusan klinis oleh dokter selalu dilakukan berdasarkan statistik. Berbagai metode analisa statistik terus dikembangkan untuk menghasilkan dasar pengambilan keputusan yang bisa dipercaya. Salah satu panduan pengambilan keputusan yang dijunjung tinggi oleh dunia kedokteran saat ini adalah *evidence based medicine*. Adanya kemajuan teknologi informasi

khususnya jaringan saraf tiruan memberikan paradigma baru dalam proses pengambilan keputusan. Namun demikian akurasi, sensitivitas dan spesifitas hasil jaringan saraf tiruan masih perlu diuji coba dan dikaji untuk bisa menjadi dasar pengambilan keputusan klinis.

Fenomena ini terjadi karena jaringan saraf tiruan merupakan ilmu yang relatif baru dan memiliki kelebihan serta kekurangan. Menurut Suprayogi et.al. (2005), kelebihan yang dimiliki JST, antara lain:

- Mampu menangani data yang sangat besar dan mengandung banyak noise dengan baik
- Sesuai untuk memecahkan persoalan yang sifatnya non-linear dan situasi di mana tidak ada pakar pada domain permasalahan tersebut atau tidak ada aturan yang diketahui
- Toleran terhadap data yang tidak lengkap dan mengandung gangguan

Kelebihan JST mampu memberikan jalan keluar bagi permasalahan yang tidak dapat diselesaikan oleh metode-metode lain. Namun JST memiliki kekurangan, yaitu:

- Ketidakmampuan dalam menjelaskan model yang telah dihasilkan karena cenderung bersifat kotak hitam (*blackbox*)
- Pengolahan data sebelum diproses dan pasca pemrosesan serta penemuan arsitektur jaringan yang tepat merupakan proses yang rumit dan menyita waktu.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan studi observasional terhadap data rekam medis pria infertil dengan rancangan *cross-sectional*.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Sub-Bagian Andrologi Departemen Biologi Kedokteran Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada bulan Februari hingga November 2010.

3.3 Populasi Penelitian

Populasi penelitian ini adalah pria yang secara klinis didiagnosis dengan infertilitas primer dan melakukan pemeriksaan fisik serta laboratorium analisa semen di Departemen Biologi FKUI.

3.4 Sampel dan Estimasi Besar Sampel

3.4.1 Sampel

Sampel pada penelitian ini terdiri dari 2 kelompok data. Pertama, data yang diambil secara primer dari pasien yang melakukan pemeriksaan di Departemen Biologi FKUI. Kedua, data diambil dari kumpulan rekam medis yang ada di Departemen Biologi FKUI yang memenuhi syarat sebagai sampel. Cara pemilihan subjek maupun rekam medis pada penelitian adalah secara *consecutive sampling*, yaitu semua subyek yang datang atau rekam medis yang memenuhi kriteria pemilihan dimasukkan dalam penelitian sampai jumlah data yang diperlukan terpenuhi.

3.4.2 Estimasi Besar Sampel

Sampel data rekam medis dan subjek penelitian diambil sebanyak-banyaknya. Pada penelitian ini data rekam medis yang digunakan sebanyak 263 data dan jumlah pasien yang berpartisipasi sebanyak 35 orang. Dengan demikian total seluruh sampel adalah 298 data.

3.5 Kriteria Penerimaan

Kriteria inklusi:

1. Rentang usia yang diterima sebagai data sampel adalah pria usia reproduktif, yaitu: 18-60 tahun
2. Pasien tersebut secara klinis didiagnosis dengan infertilitas primer
3. Memiliki data hasil analisa semen dari Departemen Biologi FKUI
4. Tidak didapati gangguan fertilitas pada pasangannya
5. Subjek penelitian bersedia terlibat dalam penelitian

Kriteria eksklusi:

1. Pria di luar rentang usia inklusi, yaitu kurang dari 18 tahun atau lebih dari 60 tahun
2. Pasien dengan infertilitas sekunder
3. Tidak memiliki hasil analisa sperma
4. Terdapat gangguan fertilitas pada pasangannya
5. Subjek tidak bersedia berpartisipasi dalam penelitian

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Keterlibatan Subjek Penelitian

Subyek penelitian diberikan informasi mengenai penelitian dan formulir persetujuan untuk mendapatkan kesediaan menjadi subyek penelitian.

3.6.2 Pengambilan Data

Data yang diambil dari subjek penelitian berupa wawancara terpandu rekam medis infertilitas dan pemeriksaan fisik serta pemeriksaan analisa sperma.

3.6.3 Pengolahan dan Analisa Data

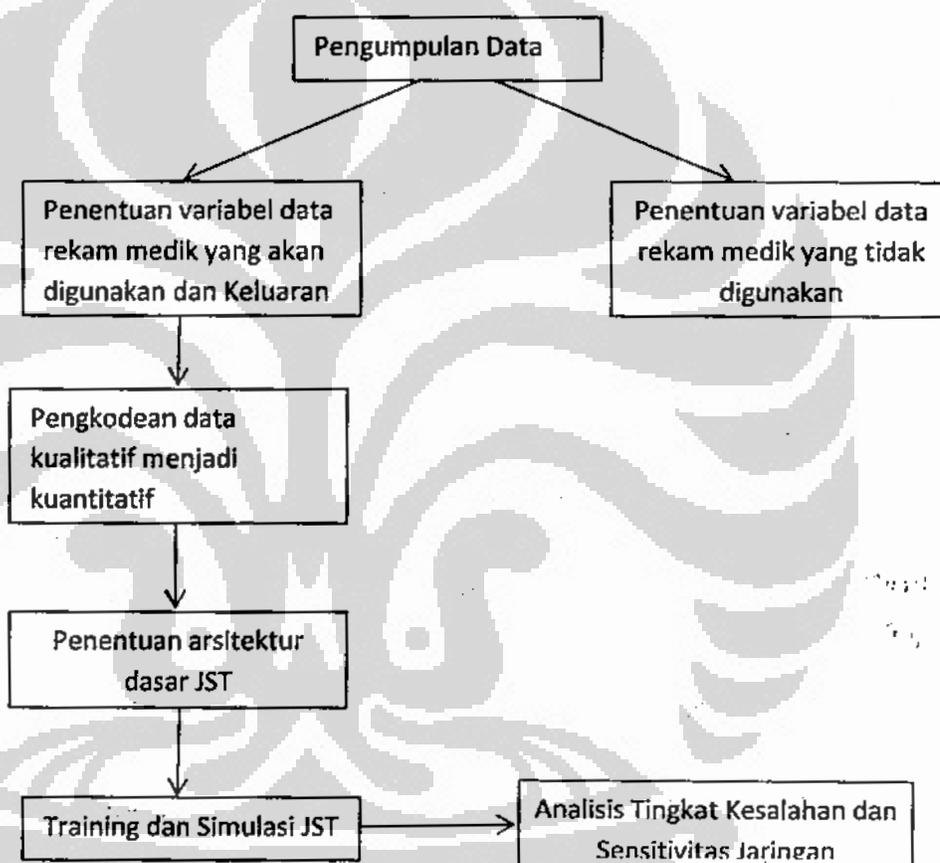
Data diolah menggunakan SPSS, Matlab dan perangkat lunak lain yang diperlukan.

3.7 Kerangka Operasional Penelitian

Berdasarkan studi literatur dan data-data yang telah dikumpulkan, dapat dibuat suatu model operasional yang mengarahkan proses kerja penelitian ini. Data yang diperoleh dari rekam medik diuraikan menjadi variabel-variabel masukan. secara teoritis semua variabel dalam rekam medik ini berkaitan dengan keluaran,

Universitas Indonesia

sehingga diupayakan semua variabel digunakan dalam proses pembentukan model jaringan saraf tiruan. Namun jika terdapat variabel yang berisi data yang seragam, maka variabel tersebut tidak dapat dinilai korelasinya terhadap keluaran dan tidak diikutsertakan dalam proses pengolahan data. Data-data yang memiliki korelasi kemudian divalidasi dan dikode dalam satuan numerik. Variabel yang akan digunakan ditentukan jenis dan kekuatan korelasinya dengan keluaran.



Gambar 3.1 Model Operasional Penelitian

3.7.1 Penentuan Variabel Masukan dan Keluaran

Data yang terdapat dalam Status Pria Infertil, Departemen Biologi Kedokteran FKUI (bentuk asli dapat dilihat pada Lampiran 1) terbagi menjadi 9 bagian, yaitu:

1. Identitas, meliputi: nama, umur/tanggal lahir, pekerjaan, alamat, lama menikah (dalam tahun dan bulan), infertilitas primer atau sekunder, dikirim oleh, dikembalikan dan identitas istri, terdiri dari: nama, umur, menstruasi dan riwayat obsgin. Data identitas yang direkrut sebagai

variabel masukan, adalah umur, pekerjaan, lama menikah dan harus infertilitas primer. Identitas dari pihak istri tidak ada yang dilibatkan meskipun berpengaruh terhadap infertilitas, namun sama sekali tidak berhubungan dengan kondisi suami. Jika terdapat data dengan riwayat gangguan menstruasi atau ginekologis pada istri, maka data tersebut tidak dilibatkan dalam penelitian.

2. Anamnesa, terdiri dari: keluhan utama, riwayat penyakit parotitis dengan orchitis, infeksi traktus genito-urinaria venereal disease, infeksi traktus genito-urinaria non-venereal disease, pre MIC, trauma testis, hubungan kelamin, ekstra MIC, malaria/typhus, dirawat/operasi, TBC, DM, hernia, hobi (rokok, alkohol, cawat), mandi panas, stress dan hepatitis. Pada bagian ini, data pre MIC dan ekstra MIC tidak digunakan karena tidak ada keterangan yang jelas parameter apa yang diukur pada komponen ini dan faktanya tidak ada klinisi yang mencatat atau memeriksa komponen ini.
3. Pemeriksaan fisik, terdiri dari: status generalis, meliputi: habitus, gizi dan kelenjar tiroid, dan status lokalis, meliputi: ginekomastia, perkembangan seks sekunder (rambut, kumis, jenggot, axilla, dada, pubis), suara, penis, praeputium, skrotum (kulit, besar, vena), testis kanan dan kiri (ukuran, nyeri, konsistensi, nyeri tekanan), epididimis (nodul, nyeri, tekan), vas deferentia, varikokel dan kelenjar prostat. Semua parameter di bagian ini digunakan sebagai variabel input.
4. Hasil laboratorium yang digunakan adalah pemeriksaan analisa semen saja. Parameter yang terdapat di dalamnya, yaitu: likuifaksi, warna semen, bau, pH, volume, viskositas, kecepatan rata-rata sperma, motilitas (sth 1 jam), progresif lurus cepat, progresif lurus lambat, gerak ditempat, tidak bergerak, konsentrasi sperma, jumlah sperma, viabilitas sperma, morfologi sperma normal, aglutinasi spontan, auto aglutinasi, sel leukosit, sel eritrosit, sel epitel, uji integritas membrane dan uji fruktosa. Semua parameter digunakan sebagai variabel input. Formulir asli hasil analisa semen di Departemen Biologi Kedokteran FKUI dapat dilihat pada Lampiran 2.
5. Ringkasan dari anamnesa, pemeriksaan fisik dan laboratorium

6. Diagnosis
7. Anjuran
8. Terapi
9. Diagnosis Akhir
10. Sikap

Bagian data yang digunakan hanya pada identitas, anamnesa, pemeriksaan fisik dan pemeriksaan. Hasil penelitian ini diharapkan mampu berperan sebagai alat bantu diagnosis infertilitas pada pria, namun memakai aplikasi jaringan saraf tiruan, bukan dengan sistem kepakaran sebagaimana yang sering digunakan dalam bidang kedokteran.

Keluaran pada JST ini dibuat berdasarkan kesimpulan pada hasil laboratorium.

Kesimpulan hasil analisa sperma dinyatakan dalam 5 kategori, yaitu:

- a. Jumlah sperma : normozoospermia/oligozoospermia/azoospermia
- b. Motilitas sperma : normozoospermia/astenozoospermia/nekrozoospermia
- c. Morfologi sperma : normozoospermia/teratozoospermia
- d. Viabilitas : baik/kurang baik
- e. Viskositas : normal/abnormal

Namun hanya 3 parameter saja yang dipakai sebagai keluaran, yaitu parameter jumlah, motilitas dan morfologi sperma. Keluaran JST merupakan kombinasi dari 3 parameter ini dan dibagi dalam 7 kelas, yaitu:

- 1 = azoospermia
- 2 = nekrozoospermia
- 3 = jumlah oligozoospermia, motilitas astenozoospermia, morfologi teratozoospermia
- 4 = jumlah normal, motilitas astenozoospermia, morfologi normal
- 5 = jumlah normal, motilitas astenozoospermia, morfologi teratozoospermia
- 6 = jumlah normal, motilitas normal, morfologi teratozoospermia
- 7 = normozoospermia pada semua parameter

3.7.2 Pengkodean Data

Data status pria infertil sebagian besar berupa data kualitatif, kecuali pada hasil pemeriksaan analisa semen. Data-data yang sifatnya kualitatif ini kemudian dikode ke dalam data numerik, baik berupa data nominal, ordinal maupun skalar/interval,

tergantung pada kondisi. Di bawah ini adalah tabel pengkodean data yang dilakukan.

Tabel 3.1 Pengkodean Variabel Masukan

No.	Variabel	Kode
1	umur (thn)	Umur pasien dikelompokkan menjadi data ordinal dengan skala 1-10
2	pekerjaan	jenis pekerjaan dikelompokkan menjadi data ordinal berdasarkan paparan terhadap risiko terjadinya infertilitas. PNS=1, guru/dosen=2, karyawan=3, wiraswasta=4, buruh=5, pelaut/sopir=6, TNI/polri=7
3	lama menikah (tahun)	sesuai dengan nilai asli, data skalar
4	parotitis dg orchitis	pernah=1, tidak=0
5	infeksi tr.gu.VD	pernah=1, tidak=0
6	infeksi tr.g.u. non VD	pernah=1, tidak=0
7	trauma testis	pernah=1, tidak=0
8	hub kelamin (/mgg)	Sesuai data asli
9	malaria/ tipus	pernah=1, tidak=0
10	dirawat/operasi	pernah=1, tidak=0
11	KP	iya=1, tidak=0
12	DM	iya=1, tidak=0
13	hernia	iya=1, tidak=0
14	rokok	iya=1, tidak=0
15	alkohol	iya=1, tidak=0
16	cawat/ ketat	iya=1, tidak=0
17	mandi panas	iya=1, tidak=0
18	stress	iya=1, tidak=0
19	hepatitis	pernah=1, tidak=0
20	status generalis	obesitas=1, normal=0
21	gynekomastia	ada=1, tidak=0
22	perkembangan sex sekunder	tidak ada =1, ada=0
23	suara	khas laki-laki=-1, tidak khas=0
24	penis	ada kelainan=1, tidak ada=0
25	praeputium	ada kelainan=1, tidak ada=0
26	scrotum	ada kelainan=1, tidak ada=0
27	testis kanan	sesuai dengan ukuran yang ada, skalar
28	testis kiri	sesuai dengan ukuran yang ada, skalar
29	epididimis	ada kelainan=1, tidak ada=0
30	vas deferentia	ada kelainan=1, tidak ada=0
31	varikokel kanan	grade 1-4, tidak ada = 0
32	varikokel kiri	grade 1-4, tidak ada = 0
33	kelenjar prostat	ada kelainan=1, tidak=0

34	likuifaksi	sempurna=1, tidak=0
35	warna semen	putih =1, lainnya=0
36	bau	khas =1, lainnya =0
37	pH	sesuai nilai asli
38	volume	sesuai nilai asli
39	viskositas	sesuai nilai asli
40	kecepatan rata-rata sperma	sesuai nilai asli
41	motilitas (sth 1 jam)	sesuai nilai asli
42	progresif lurus cepat	sesuai nilai asli
43	progresif lurus lambat	sesuai nilai asli
44	gerak ditempat	sesuai nilai asli
45	tidak bergerak	sesuai nilai asli
46	konsentrasi sperma	sesuai nilai asli
47	jumlah sperma	sesuai nilai asli
48	viabilitas sperma	sesuai nilai asli
49	morfologi sperma normal	sesuai nilai asli
50	aglutinasi spontan	negatif=0, positif=1
51	auto aglutinasi	negatif=0, positif=1
52	sel leukosit	diambil nilai rata-rata, 1-3=2, 4-5=4.5, 5-10=7.5
53	sel eritrosit	sesuai nilai asli
54	sel epitel	sesuai nilai asli
55	uji integritas membran	sesuai nilai asli
56	uji fruktosa	positif=1, negatif=0

3.7.3 Penentuan Arsitektur Dasar JST

Hal pertama yang dilakukan sebelum melakukan pembelajaran JST adalah menentukan arsitektur dasar JST. Penentuan arsitektur dasar JST, meliputi: penentuan metode pembelajaran, jumlah lapisan jaringan, jumlah neuron masukan, neuron keluaran, dan jumlah neuron pada lapis tersembunyi. Selain itu, faktor-faktor yang berpengaruh pada pembelajaran, seperti: inisiasi bobot, fungsi aktivasi, fungsi kesalahan, laju pembelajaran dan momentum, juga ditentukan di awal. Meskipun pada pertengahan proses pasti terjadi perubahan variabel ini, untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Metode pembelajaran yang digunakan pada penelitian ini dibatasi pada propagasi balik, dengan jumlah neuron masukan sebanyak 50 unit sesuai dengan jumlah variabel input, jumlah neuron keluaran adalah 7 unit. Jumlah lapis terdiri dari 3, yaitu 1 lapis masukan, 1 lapis tersembunyi dan 1 lapis keluaran. Jumlah neuron pada lapis tersembunyi ditentukan sebesar setengah dari neuron masukan. Jumlah neuron pada lapis tersembunyi ditentukan demikian karena menurut beberapa

referensi jumlah tersebut optimal untuk kebanyakan jaringan saraf tiruan. Berikut adalah tabel arsitektur dasar JST yang dirancang.

Tabel 3.2 Parameter Arsitektur Dasar Jaringan

Metode pembelajaran	Propagasi balik
Jumlah lapis jaringan	3 lapis, terdiri dari: 1 lapis masukan, 1 lapis tersembunyi dan 1 lapis keluaran
Jumlah neuron masukan	50
Jumlah neuron lapis tersembunyi	25 atau $\frac{1}{2}$ jumlah neuron masukan
Jumlah neuron keluaran	7
Inisiasi bobot	random dilanjutkan dengan WidrowNguyen
Fungsi aktivasi	logsig
Fungsi kesalahan	Kesalahan kuadratis
Laju pembelajaran	0.2
Momentum	0.2
Jumlah epoch	5000 kecuali konvergen sebelum mencapai angka tersebut

Simulasi dan pengolahan data lain yang diperlukan dilakukan dengan perangkat lunak SPSS dan Matlab.

3.7.4 Pelatihan dan Simulasi JST

Pelatihan dan validasi JST dilakukan beberapa kali hingga diperoleh hasil yang optimal. Jumlah pelatihan dibatasi pada jumlah epoch atau ketercapaian nilai total kesalahan.

3.7.5 Analisa Tingkat Sensitivitas

Tingkat sensitivitas jaringan dianalisa menggunakan nilai rata-rata pengenalan (recognition rate) data validasi terhadap model jaringan yang sudah dibangun.

BAB 4 PENGUJIAN MODEL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Statistik Data Rekam Medis Pria Infertil

Rekam medis pria infertil bagian identitas hingga pemeriksaan fisik memiliki 33 variabel. Variabel ini umumnya bersifat kualitatif, oleh dokter variabel-variabel ini diisi dengan data ya dan tidak atau tidak ada informasi. Sedangkan bagian hasil laboratorium terdiri dari 23 variabel. Beberapa variabel yang datanya seragam adalah ginekomastia, perkembangan seks sekunder dan kelenjar prostat. Hal ini berarti bahwa dari seluruh sampel pria dengan infertilitas primer tidak ditemukan adanya ginekomastia, abnormalitas perkembangan seks sekunder dan kelainan pada kelenjar prostat. Ketiga variabel ini selanjutnya dikeluarkan dari proses pengolahan data.

Tabel 4.1 Frekuensi Keluaran Data Rekam Medis Pria Infertil

Keluaran	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
1. Normozoospermia	47	15.8	15.8	15.8
2. Teratozoospermia	8	2.7	2.7	18.5
3. Asteno-teratozoospermia	13	4.4	4.4	22.8
4. Astenozoospermia	18	6.0	6.0	28.9
5. Oligo-asteno-oligozoospermia	137	46.0	46.0	74.8
6. Nekrospermia	14	4.7	4.7	79.5
7. Azoospermia	61	20.5	20.5	100.0
Total	298	100.0	100.0	

Kebanyakan pria dengan infertilitas primer, yaitu sebanyak 46%, memiliki kelainan kombinasi berupa jumlah sperma di bawah normal, gerakan yang lambat dan bentuk sperma yang tidak normal. Jika kelainan jumlah, gerakan dan bentuk semata digabungkan dengan kelainan kombinasi ketiganya, maka jumlahnya menjadi 59,1%. Sebanyak 20,5% infertilitas pada pria didapati karena tidak adanya sperma dalam semen mereka. Dan 15,8% pria dengan infertilitas tidak memiliki kelainan pada sperma mereka.

Pekerjaan pria dengan infertilitas primer yang melakukan pemeriksaan di Departemen Biologi FKUI mayoritas adalah wiraswasta. Selanjutnya karyawan swasta. Hal ini tidak berarti bahwa profesi wiraswasta berisiko mengalami infertilitas. Data ini lebih menunjukkan bahwa kemungkinan pengetahuan, sikap

dan perilaku memeriksakan diri terhadap status infertilitas mereka lebih tinggi dibanding profesi lain. Hal ini memerlukan penelitian lebih lanjut untuk memastikan kebenarannya. Tabel frekuensi masing-masing profesi dapat dilihat di bawah ini.

Tabel 4.2 Frekuensi Pekerjaan pada Data Rekam Medis Pria Infertil

Pekerjaan	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Tidak ada data	19	6.4	6.4	6.4
Wiraswasta	155	52.0	52.0	58.4
PNS	27	9.1	9.1	67.4
Karyawan	62	20.8	20.8	88.3
Guru/dosen	12	4.0	4.0	92.3
TNI/Polri	16	5.4	5.4	97.7
Pelaut, sopir	6	2.0	2.0	99.7
Buruh	1	.3	.3	100.0
Total	298	100.0	100.0	

Beberapa parameter yang bisa dianalisa secara deskriptif dari keseluruhan sampel, hasilnya ada pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.3 Deskripsi Umur, Lama Menikah, Frekuensi Hubungan Seksual Volume Testis dan Derajat Varikokel pada Pria dengan Infertilitas Primer

		umur (thn)	lama menikah (tahun)	hub kelamin (/mgg)	testis kanan	testis kiri	varikokel kanan	varikokel kiri
N	Valid	298	294	298	298	298	298	298
	Missing	0	4	0	0	0	0	0
Mean		34.86	4.7112	2.3663	17.46	17.31	.23	.28
Median		34.00	4.0000	2.5000	20.00	20.00	.00	.00
Mode		30	3.00	2.00	20	20	0	0
Std. Deviation		5.763	3.47669	1.08621	4.366	4.570	.600	.655
Minimum		23	.50	.00	0	0	0	0
Maximum		57	20.00	10.00	30	30	3	4

Rentang umur sampel adalah 23-57 tahun. Rata-rata usia sampel 34,86 tahun. Lama pernikahan pasangan sampel antara 0,5-20 tahun. Rata-rata sampel melakukan pemeriksaan infertilitas setelah usia pernikahannya 4,7 tahun. Sebanyak 4 sampel tidak terdapat data lama pernikahan. Frekuensi hubungan seksual pasangan dengan infertilitas primer cenderung lebih rendah, hanya 2,4 kali per minggu, dibanding frekuensi normal yang dapat menyebabkan kehamilan dalam 1 tahun berhubungan, yaitu 3-4 kali per minggu. Frekuensi hubungan seksual 0 kali per minggu menunjukkan bahwa tidak terdapat data pada sampel

tersebut, jumlahnya sebanyak 12 sampel. Frekuensi hubungan seksual terendah adalah 0,25 kali per minggu atau 1 kali per bulan. Dan frekuensi hubungan seksual tertinggi mencapai 10 kali per minggu. Frekuensi rata-rata hubungan seksual yang di masih di bawah normal dapat menjadi masukan bagi klinisi untuk menyarankan pada pasien agar meningkatkan frekuensi hubungan seksual guna mencapai tingkat fertilitas yang optimal.

Tabel 4.4 Frekuensi Volume Testis Kanan dan Kiri

Testis Kanan			Testis Kiri		
	Frequency	Percent		Frequency	Percent
Valid 0	4	1.3	Valid 0	6	2.0
10	19	6.4	5	1	.3
12	25	8.4	10	15	5.0
14	1	.3	12	29	9.7
15	75	25.2	14	1	.3
18	1	.3	15	74	24.8
20	156	52.3	20	155	52.0
25	15	5.0	25	16	5.4
30	2	.7	Total	1	.3
Total	298	100.0		298	100.0

Ukuran testis secara teoritis berkaitan erat dengan kuantitas dan kualitas spermatozoa. Pada data tabel di atas ukuran minimum testis kanan dan kiri subjek adalah 0. Ukuran maksimal testis kanan 30 ml dan testis kiri 25 ml. Rata-rata volume testis kanan 17,46 ml dan 17,31 ml untuk testis kiri. Ukuran rata-rata ini adalah normal menurut standar.

Tabel 4.5 Frekuensi Derajat Varikokel Kanan dan Kiri

Varikokel Kanan			Varikokel Kiri		
	Frequency	Percent		Frequency	Percent
Valid 0	255	85.6	Valid 0	244	81.9
1	19	6.4	1	26	8.7
2	7	2.3	2	6	2.0
2.5	12	4.0	2.5	18	6.0
3	2	.7	3	3	1.0
3.5	3	1.0	3.5	1	.3
Total	298	100.0	Total	298	100.0

Mayoritas sampel tidak mengalami varikokel. Varikokel kiri terdapat pada 14,4% sampel dan varikokel kanan terdapat pada 18,1% sampel. Varikokel yang terdapat

pada sampel kebanyakan derajat I dan derajat II-III. Varikokel seperti juga dengan volume testis berkaitan dengan kualitas dan kuantitas spermatozoa.

Keseluruhan variabel masukan dalam penelitian ini dianalisa korelasinya dengan keluaran. Nilai korelasi dan signifikansinya dapat dilihat pada Lampiran 3. Korelasi variabel-variabel masukan terhadap keluaran secara umum nilainya rendah. Beberapa variabel yang memiliki keterkaitan yang erat dengan output, antara lain: riwayat parotitis dengan orchitis, trauma testis, alkohol, status generalis, penis, testis kanan dan kiri, varikokel kanan dan kiri, volume semen, kecepatan rata-rata sperma, motilitas setelah 1 jam, progresif lurus cepat, lurus lambat dan tidak bergerak, konsentrasi sperma, jumlah sperma, viabilitas sperma, morfologi sperma normal dan uji integritas membran.

4.2 Implementasi Model JST

Jumlah variabel masukan pada jaringan saraf tiruan ini sebanyak 50 variabel dan 298 data. Proporsi data tiap kelas adalah sebagai berikut:

- kelas 1 = 47 data
- kelas 2 = 8 data
- kelas 3 = 13 data
- kelas 4 = 18 data
- kelas 5 = 137 data
- kelas 6 = 4 data
- kelas 7 = 61 data

Jumlah data pada tiap kelas tidak proporsional, sedangkan JST hanya dapat dilatih jika jumlah data (komposisi matriks) pada tiap kelas keluaran adalah sama. Oleh karena itu sebelum dilakukan pelatihan jaringan, data pada tiap kelas di-generate hingga mencapai jumlah yang sama pada tiap kelasnya. Proses generate data dilakukan dengan menambahkan dan mengurangi nilai data asal sebesar 5% secara random pada variabel hasil laboratorium. Hasil pelatihan dan pengujian jaringan dengan parameter dasar seperti tercantum pada tabel 3.2 adalah pada tabel berikut ini.

**Tabel 4.6 Hasil Pelatihan dan Pengujian Jaringan pada 50 Variabel
Masukan**

Percobaan ke-	Tanpa Fungsi Cross Entropy			Dengan Fungsi Cross Entropy		
	Error Total	Rr training (%)	Rr validasi (%)	Error Total	Rr training (%)	Rr validasi (%)
1	430,38	16,07	19,32	2091	17,26	30,9
2	406,00	16,07	20,45	2005	15,90	21,59
3	410,08	17,411	28,41	2559	15,77	21,59
4	471,03	16,071	19,32	2140	15,92	21,59
5	413,35	17,41	19,32	2053	16,07	20,45
Rata-rata	426,17	16,61	21,36	2169,60	16,18	23,22

Proses pembelajaran pada tahap ini awalnya dilakukan pada epoch 5.000, 10.000, 50.000 dan 100.000, namun nilai error total tidak mengalami penurunan pada peningkatan epoch. Selanjutnya, proses pelatihan JST dilakukan pada 5000 epoch. Berdasarkan tabel di atas dapat disimpulkan bahwa jaringan tidak dapat mencapai konvergen dengan proses pelatihan yang ada. Selain itu tidak konvergensinya jaringan juga tampak pada tingkat sensitivitas jaringan terhadap pengenalan data masukan, baik training maupun pengujian sangat rendah. Penerapan fungsi kesalahan cross entropy menghasilkan total kesalahan yang lebih besar dibanding fungsi kesalahan kuadratis meskipun nilai Rr training dan Rr validasi pada keduanya tidak berbeda secara signifikan. Pada percobaan-percobaan selanjutnya tidak lagi digunakan fungsi cross entropy.

4.3 Analisa Permasalahan pada Implementasi Model JST

Simulasi JST dengan data asal yang ada tidak memberikan hasil yang baik, meskipun jumlah epoch yang dilakukan sudah cukup tinggi. Masalah ini terjadi disebabkan oleh beberapa hal, antara lain:

1. Data pelatihan pada tiap kelas keluaran tidak proporsional sehingga kelas dengan jumlah data yang minimal tidak mendapatkan pelatihan dengan data yang representatif untuk kelas tersebut. Proses *generate* data dari data asal yang minimal hanya meningkatkan nilai kesalahan jaringan.
2. Terdapat multikolinearitas antar variabel masukan
Antar variabel-variabel masukan tidak independen, melainkan terdapat keterkaitan atau disebut dengan memiliki multikolinearitas. Kondisi ini

membuat variabel masukan tidak khas sehingga proses pelatihan dan pengujian data oleh jaringan hasilnya rendah.

3. Variabel pada data masukan tidak berupa vektor yang orthogonal
- Jaringan saraf tiruan bekerja dengan cara menyusun data masukan menjadi suatu vektor. Antar vektor data masukan idealnya bersifat orthogonal satu sama lain sehingga jaringan dapat mengklasifikasikan data masukan berdasarkan bentuk vektornya. Data masukan pada penelitian ini sifatnya tidak berpola sehingga saat dilakukan pelatihan tidak konvergen.

4.4 Modifikasi Data dan Variabel

Untuk menyelesaikan masalah-masalah yang menjadi penyebab kegagalan jaringan, dilakukan beberapa teknik yang dapat mengatasi penyebab-penyebab di atas dan dilakukan simulasi ulang jaringan saraf tiruan, yaitu melakukan PCA (*Principal Component Analysis*) pada data masukan atau mengurangi jumlah variabel berdasarkan nilai signifikansi terhadap keluaran secara statisti.

4.4.1 *Principal Component Analysis*

Prosedur PCA pada dasarnya adalah bertujuan untuk menyusutkan (mereduksi) dimensi dengan cara menghilangkan korelasi di antara variabel bebas. Variabel bebas semula ditransformasi menjadi variabel baru yang tidak berkorelasi sama sekali atau yang biasa disebut *principal component*. Keuntungan penggunaan *Principal Component Analysis* (PCA) dibandingkan metode lain :

1. Dapat menghilangkan korelasi secara bersih (korelasi = 0) sehingga masalah multikolinearitas dapat benar-benar teratasi secara bersih.
2. Dapat digunakan untuk segala kondisi data / penelitian
3. Dapat dipergunakan tanpa mengurangi jumlah variabel asal
4. Walaupun PCA ini memiliki tingkat kesulitan yang tinggi akan tetapi kesimpulan yang diberikan lebih akurat dibandingkan dengan penggunaan metode lain

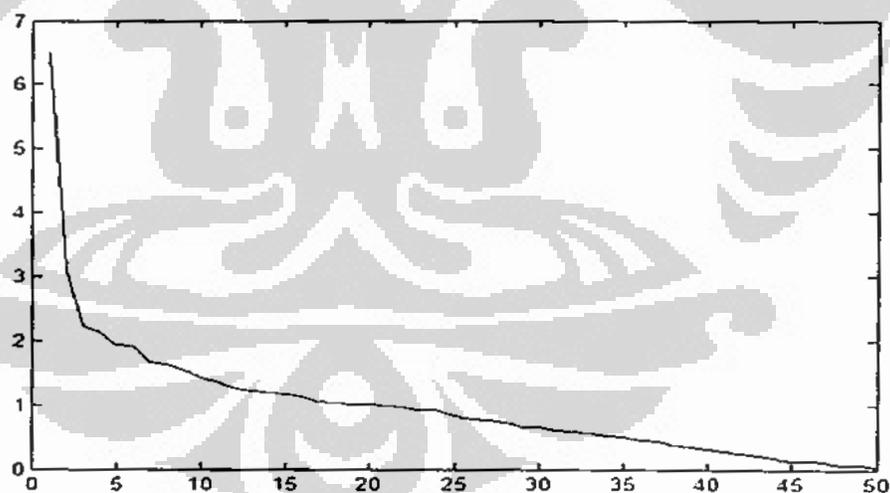
Tahapan-tahapan pada proses PCA, yaitu:

1. Perlakuan awal matriks data. Mula-mula data dinormalisasi dengan z -score, kemudian dilakukukan *scaling*, umumnya berupa unit *varians scaling*. Selanjutnya dilakukan *mean centering*.
2. Menghitung matriks covarian

3. Menghitung *eigenvalue* dan *eigenvector* dari matrik kovarian
4. Perhitungan nilai baru, dari x_1 - x_2 ke PC_1 - PC_2 .

Setiap variabel yang akan dianalisis disebut juga dengan faktor atau komponen. Kemampuan setiap faktor mewakili variabel-variabel yang dianalisis ditunjukkan oleh besarnya varians, yang disebut dengan *eigenvalue*. *Eigenvalue* menunjukkan kepentingan relatif masing-masing faktor dalam menghitung varians variabel yang dianalisis. Susunan *eigenvalue* selalu diurutkan dari yang terbesar sampai ke yang terkecil, dengan kriteria bahwa angka *eigenvalue* di bawah 1 tidak digunakan dalam menghitung jumlah faktor yang terbentuk. Berdasarkan nilai *eigenvalue* yang paling besar (dengan syarat lebih dari 1) disusun komponen baru yang bebas multikolinearitas namun tetap mewakili semua variabel sebelumnya.

Pada percobaan ini dilakukan beberapa variasi jumlah *cut off* dimensi PCA untuk mengetahui jumlah dimensi yang optimal pada JST. Jumlah dimensi yang akan dilatih ditentukan berdasarkan nilai *eigenvalue* yang lebih besar dari 1, yaitu antara dimensi 30-20. Grafik dimensi PCA terhadap nilai *eigenvalue* adalah sebagai berikut.



Gambar 4.1 Grafik nilai *eigenvalue* terhadap dimensi PCA pada input 50 dimensi dengan 7 kelas keluaran

Hasil nilai error total dan sensitivitas jaringan dengan berbagai *cutt of* dimensi PCA terdapat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.7 Hasil Pelatihan dan Pengujian JST dengan PCA pada Beberapa Variasi Dimensi *Cut off*

Cut off	Error total	Rr training	Rr validasi
30 dimensi	10,00	98,50	30,36
	10,90	98,21	34,09
	9,88	98,21	38,64
	11,83	97,77	40,91
	13,91	97,92	35,23
	12,09	98,21	40,91
	9,88	98,21	38,64
	11,83	97,77	40,91
	14,01	98,07	39,78
	13,91	97,92	35,23
Rata-rata	11,82	98,08	37,47
25 dimensi	24,40	95,24	47,73
	20,53	95,98	45,59
	17,75	96,43	40,91
	18,81	89,86	53,41
	17,63	96,43	42,05
	21,26	95,83	38,64
	17,63	96,43	42,05
	18,75	96,43	43,18
	20,93	96,58	45,45
	20,53	95,98	46,59
Rata-rata	19,93	95,52	44,56
20 dimensi	23,04	95,68	35,23
	22,26	95,98	43,18
	31,33	94,64	39,77
	21,32	95,83	46,59
	23,52	95,68	43,18
	18,43	96,13	44,32
	11,25	97,32	28,41
	22,35	95,83	45,45
	24,83	95,68	45,45
	27,63	94,35	40,91
Rata-rata	22,59	95,71	40,42

Proses PCA pada matriks data masukan menjadikan JST mengalami optimalisasi berupa konvergensi proses pelatihan, ditandai dengan nilai recognition rate training yang meningkat tajam dibanding tanpa PCA. Namun pada proses validasi jaringan, nilai sensitivitas yang dihasilkan belum cukup baik. Kelemahan ini

mungkin disebabkan oleh kondisi data asli yang memang tidak baik. Jumlah data yang tidak representatif untuk tiap kelas keluaran dan variabel-variabel masukannya mungkin tidak berkorelasi dengan keluaran sehingga menyebabkan noise pada jaringan.

4.4.2 Modifikasi Jumlah Variabel Masukan

Modifikasi lain yang bisa dilakukan untuk mengoptimisasi jaringan adalah dengan mengurangi jumlah variabel masukan. Variabel masukan yang digunakan dipilih berdasarkan keeratan korelasinya dengan keluaran. Kekuatan korelasi ini dilakukan dengan analisa korelasi secara statistik. Variabel terpilih sejumlah 20 variabel, yaitu: riwayat parotitis dengan orchitis, trauma testis, alkohol, status generalis, penis, testis kanan dan kiri, varikokel kanan dan kiri, volume semen, kecepatan rata-rata sperma, motilitas setelah 1 jam, progresif lurus cepat, lurus lambat dan tidak bergerak, konsentrasi sperma, jumlah sperma, viabilitas sperma, morfologi sperma normal dan uji integritas membran.

Menurut percobaan sebelumnya, perlakuan PCA pada data masukan membuat jaringan menjadi konvergen. Pada percobaan ini selain menggunakan 20 dimensi terpilih, digunakan juga PCA untuk perbandingan. Hasil pelatihan dan pengujian jaringan dengan variabel terpilih baik tanpa PCA maupun dengan PCA terdapat dalam tabel berikut.

Tabel 4.8 Hasil Pelatihan dan Pengujian Jaringan dengan 20 Variabel Terpilih

Percoba an ke-	20 dimensi tanpa PCA			20 dimensi dengan PCA, cut off 20 dimensi		
	Error Total	Rr Training (%)	Rr validasi (%)	Error Total	Rr Training (%)	Rr validasi (%)
1	497,63	14,73	22,73	19,16	96,13	51,14
2	414,27	14,29	20,46	14,71	96,28	37,5
3	418,84	14,29	20,46	12,71	98,07	46,59
4	416,12	14,43	19,32	8,21	97,86	48,86
5	410,72	14,29	20,46	13,45	97,62	47,73
6	405,42	13,99	18,18	16,05	97,62	42,05
7	416,14	14,43	20,46	8,94	97,17	50,00
8	497,63	14,73	22,73	16,84	95,68	53,41
9	418,30	14,40	20,46	9,62	97,61	44,31
10	420,01	14,43	20,45	14,20	95,24	52,27
Rata-rata	431,51	14,40	20,57	13,39	96,93	47,38

Pengurangan jumlah variabel masukan saja tidak memperbaiki hasil JST. Jika dibandingkan dengan pada 50 variabel masukan tanpa PCA, hasil yang dicapai oleh 20 variabel masukan cenderung lebih rendah dibanding masukan 50 dimensi. Pada masukan 50 dimensi error 426,17, Rr training 16,61% dan Rr validasi 21,36% dan pada 20 dimensi error 431,51, Rr training 14,40% dan Rr validasi 20,57%.

Proses PCA jelas memberikan optimalisasi JST secara signifikan baik pada masukan 50 dimensi maupun 20 dimensi. Dibandingkan dengan hasil terbaik yang dicapai oleh 50 dimensi masukan dengan PCA (pada *cut off* 25 dimensi), hasil JST pada 20 dimensi masukan dengan PCA masih lebih baik (error total 19,93 vs 13,39; Rr training 95,52% vs 96,93%; dan Rr validasi 44,56% vs 47,38%). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa PCA pada masukan 20 dimensi memberikan hasil yang lebih baik dibanding PCA pada 50 dimensi.

4.4.3 Modifikasi Jumlah Kelas Keluaran

Rendahnya nilai *recognition rate* validasi secara keseluruhan memerlukan analisa *recognition rate* validasi pada tiap kelasnya. Nilai *recognition rate* tiap kelas, sebagai berikut:

- kelas 1 : 66,67%
- kelas 2 : 25%
- kelas 3 : 14,63%
- kelas 4 : 0,00%
- kelas 5 : 0,00%
- kelas 6 : 0,00%
- kelas 7 : 100%

Berdasarkan nilai di atas, kelas-kelas dengan nilai *recognition* yang sangat rendah disebabkan oleh kurangnya data masukan untuk kelas tersebut. Sehingga JST tidak mendapatkan data pembelajaran yang cukup dan hasilnya tidak bisa mengenali data pengujian dengan baik. Kelemahan ini bisa diperbaiki salah satunya dengan memperbanyak data pelatihan. Namun upaya ini tidak bisa dilakukan karena dari kumpulan data rekam medis yang ada jumlah data dengan kriteria kelas tersebut memang jumlahnya sedikit. Hal lain yang bisa dicoba adalah dengan mengurangi kelas keluaran.

Pengurangan jumlah kelas keluaran dimungkinkan karena beberapa kelas sebenarnya merupakan anggota dari kelas lain. Pada kasus ini, kelas 5 adalah kelas yang menyatakan penurunan jumlah spermatozoa (oligospermia), kelemahan gerak spermatozoa (astenospermia) dan kerusakan bentuk spermatozoa (teratospermia). Kelas lain yang mewakili astenospermia, teratospermia atau asteno-teratospermia dapat diakomodasi ke dalam kelas oligoastenoteratospemia. Pengurangan kelas ini secara medis tidak bertentangan dengan kondisi klinis pasien, hanya saja diagnosis nya menjadi kurang spesifik. Susunan kelas keluaran yang baru, adalah sebagai berikut:

- kelas 1 = normospermia
- kelas 2 = oligoastenospermia
- kelas 3 = nekrospermia
- kelas 4 = azospermia

Pelatihan dan pengujian jaringan dengan jumlah keluaran 4 kelas dilakukan pada 50 dimensi dan 20 dimensi masukan dikombinasikan dengan PCA dan tanpa PCA. Dengan demikian akan diketahui model JST yang paling optimal. Hasil percobaan terdapat pada tabel di bawah ini.

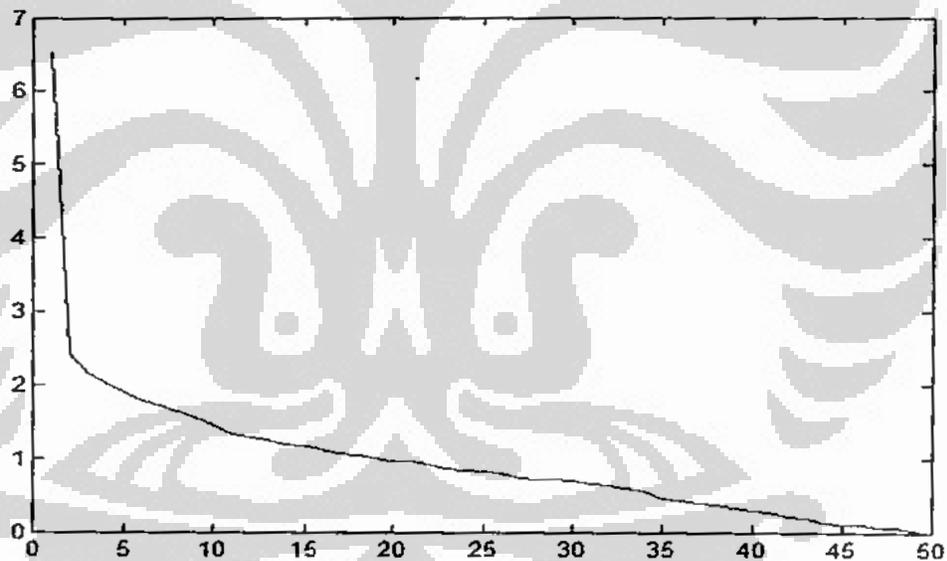
Tabel 4.9 Hasil Pelatihan dan Pengujian Jaringan 4 Kelas Keluaran

Percobaan ke-	50 dimensi			20 dimensi		
	Error total	Rr training (%)	Rr validasi (%)	Error total	Rr training (%)	Rr validasi (%)
1	148,138	27,536	24,675	143,386	27,536	24,675
2	146,979	27,536	24,675	126,580	33,696	38,961
3	135,033	33,696	38,961	85,170	28,986	25,974
4	53,722	41,304	29,870	132,143	32,246	35,065
5	50,181	43,478	33,766	89,529	27,899	25,974
6	93,498	27,536	24,675	51,075	64,493	44,156
7	80,225	34,058	36,364	58,611	39,130	29,870
8	139,784	28,623	24,675	86,998	31,884	28,571
9	146,234	27,899	25,964	135,967	29,348	31,169
10	133,680	32,610	33,770	62,144	65,217	59,740
11	148,138	27,536	24,675	126,580	33,696	38,961
Rata-rata	115,965	31,983	29,279	99,835	37,648	34,829

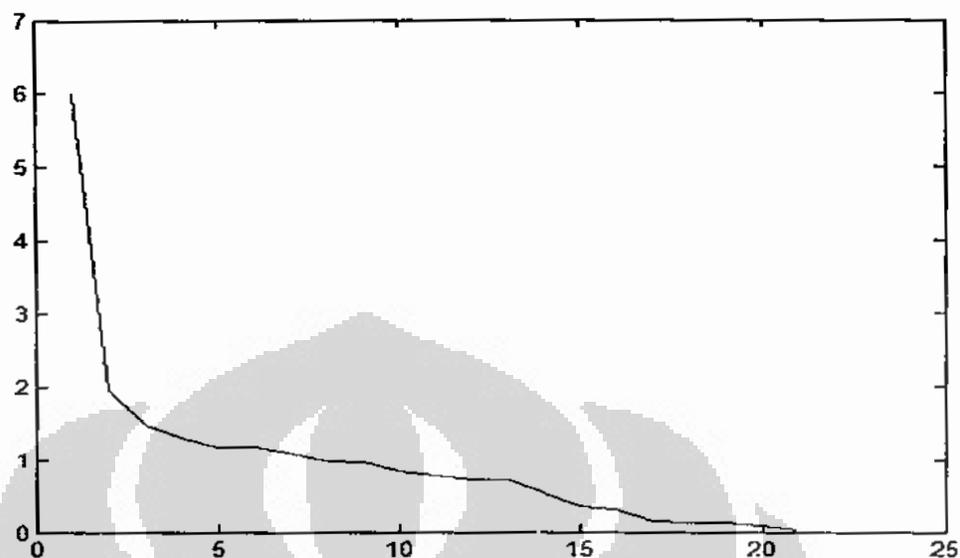
Percobaan di atas dilakukan dengan epoch maksimal 5000. Dari tabel didapatkan bahwa rentang nilai maksimal dan minimal yang dicapai JST terlalu jauh.

Misalnya, R_r validasi pada 50 dimensi antara 24,675%-38,961% dan pada 20 dimensi antara 24,675% hingga 59,740%. Selisih nilai maksimal dan minimal yang besar menunjukkan bahwa JST belum bersifat stabil.

Pengurangan jumlah kelas menurut hasil percobaan di atas memberikan sedikit optimalisasi pada JST. Hasil yang diperoleh pada 4 kelas keluaran lebih baik dibanding pada 7 kelas keluaran (lihat tabel 4.6 dan 4.8 sebagai perbandingan). Pelatihan JST dengan masukan 20 dimensi memberikan hasil sedikit lebih baik dibanding dengan 50 dimensi. Namun hasil pengurangan jumlah kelas ini masih jauh lebih rendah dibanding dengan hasil yang diperoleh dengan melakukan PCA pada matriks masukan. Oleh karena itu percobaan selanjutnya adalah melakukan PCA pada data dengan 4 kelas keluaran baik pada masukan 50 dimensi maupun 20 dimensi. Grafik nilai *eigenvalue* dan hasil percobaan terdapat pada gambar dan tabel berikut.



Gambar 4.2 Grafik nilai *eigenvalue* terhadap dimensi PCA pada input 50 dimensi



Gambar 4.3 Grafik nilai *eigenvalue* terhadap dimensi PCA pada input 20 dimensi

Tabel 4.10 Hasil Pelatihan dan Pengujian JST 4 Kelas Keluaran dengan PCA

Percobaan ke-	Masukan 20 dimensi, PCA <i>cut off</i> 20 dimensi		Masukan 50 dimensi, PCA <i>cut off</i> 20 dimensi	
	Rr validasi (%)	Epoch	Rr validasi (%)	Epoch
1	71,03	23.000	71,43	10.318
2	68,83	16.430	61,04	10.576
3	72,73	15.610	74,03	9.485
4	72,73	20.000	61,04	10.674
5	71,43	17.240	62,34	10.586
6	71,43	17.805	57,14	11.910
7	67,53	16.398	59,74	10.055
8	71,43	18.644	64,94	12.195
9	68,83	17.142	63,64	11.382
10	72,73	17.610	71,43	10.318
Rata-rata	70,87	17.988	64,68	10.750

Percobaan ini dilakukan hingga target *error total* 0,01 dan *recognition rate* training 100% tercapai. Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa JST dengan PCA jelas memberikan hasil yang lebih baik dibanding tanpa PCA. Analisa statistik memberikan tambahan optimalisasi pada JST, dapat dilihat dari nilai *recognition rate* validasi pada 20 dimensi lebih tinggi dibanding pada 50 dimensi. Meskipun jumlah epoch yang dilakukan pada masukan 20 dimensi lebih banyak daripada pada 50 dimensi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa hasil JST

yang paling optimal adalah pada 20 dimensi masukan, 4 kelas keluaran dan dilakukan PCA pada data masukan sebelum dilakukan pelatihan.

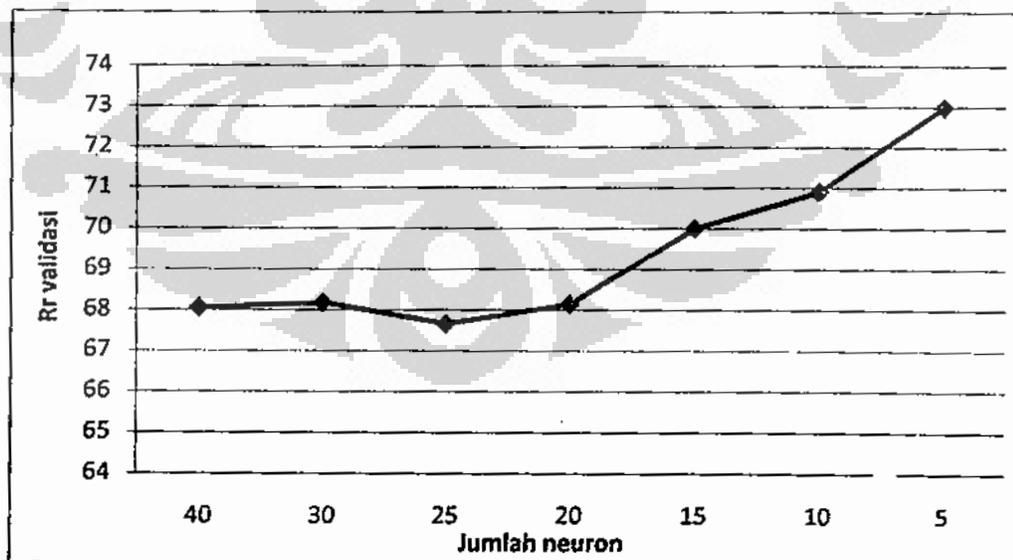
4.4.4 Modifikasi Parameter Dasar JST

Berbagai modifikasi percobaan sebelumnya menghasilkan model JST yang optimal adalah 20 dimensi masukan dengan proses PCA dan 4 kelas keluaran. Modifikasi lain yang dapat dicoba untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal, antara lain dengan mengubah jumlah unit pada lapis tersembunyi dan nilai laju pembelajaran. Tabel di bawah ini merupakan rata-rata hasil percobaan JST dengan variasi jumlah unit neuron pada lapis tersembunyi. Tiap jumlah neuron dilakukan 10 kali percobaan. Hasil detail tiap percobaan dapat dilihat di Lampiran 4.

Tabel 4.11 Hasil Pelatihan dan Pengujian Jaringan dengan Variasi Jumlah Neuron Lapis Tersembunyi

Jumlah Neuron Lapis Tersembunyi	RR validasi (%)	Epoch
40	68,052	10.082
30	68,182	10.637
25	67,662	10.645
20	68,144	11.237
15	70,000	12.676
10	70,909	14.386
5	72,987	26.884

Tabel di atas dapat digambarkan dalam bentuk grafik di bawah ini.



Gambar 4.4 Grafik Jumlah Neuron Lapis Tersembunyi terhadap Rr validasi

Variasi jumlah neuron pada lapis tersembunyi mempengaruhi hasil JST. Dari grafik didapati gambaran bahwa makin kecil jumlah neuron pada lapis tersembunyi makin tinggi nilai *recognition rate* validasinya. Dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa jumlah neuron lapis tersembunyi yang menghasilkan *recognition rate* validasi yang optimal pada jaringan ini adalah 5 unit. Percobaan selanjutnya menggunakan 5 unit neuron pada lapis tersembunyi dengan mengubah nilai laju pembelajaran.

Tabel 4.12 Hasil Pelatihan dan Pengujian Jaringan dengan Variasi Nilai Laju Pembelajaran

Percobaan ke-	Variasi Nilai Laju Pembelajaran				
	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,08$	$\alpha = 0,1$	$\alpha = 0,2$	$\alpha = 0,4$
1	72,727	74,026	76,623	71,429	71,429
2	72,727	72,727	80,520	75,320	67,533
3	77,922	77,922	81,818	74,026	71,429
4	66,234	71,429	76,623	70,130	71,429
5	66,234	77,922	76,623	70,130	67,533
6	-	71,429	76,623	74,026	-
7	-	71,429	76,623	74,026	-
8	-	74,026	70,130	70,130	-
9	-	74,026	70,130	74,026	-
10	-	68,831	76,623	76,623	-
Rata-rata	71,169	73,377	76,234	72,987	69,870
Epoch	423.201	84.390	107.047	26.884	22.500

Variasi nilai laju pembelajaran berpengaruh sedikit terhadap nilai *recognition rate* validasi. Makin besar nilai laju pembelajaran makin kecil nilai *recognition rate* validasi. Namun makin kecil nilai laju pembelajaran tidak memberikan nilai *recognition rate* validasi yang lebih baik. Namun jelas makin kecil nilai laju pembelajaran makin lama JST mengalami konvergensi yang dilihat dari nilai epoch yang makin tinggi. Penulis menyimpulkan bahwa nilai laju pembelajaran yang optimal pada penelitian ini adalah 0,1.

4.4.5 Model JST Terpilih

Hasil akhir dari berbagai percobaan yang sudah dilakukan pada penelitian ini adalah diperolehnya model JST yang optimal untuk mengklasifikasikan kualitas dan kuantitas spermatozoa pria infertil berbasis rekam medik pria infertil. Model JST yang optimal tersebut, yaitu:

Tabel 4.13 Parameter pada Model JST Terpilih

Metode pembelajaran	Propagasi balik
Jumlah lapis jaringan	3 lapis, terdiri dari: 1 lapis masukan, 1 lapis tersembunyi dan 1 lapis keluaran
Jumlah neuron masukan	20 unit dipilih dengan analisa statistik korelasi
Jumlah neuron lapis tersembunyi	5 unit
Jumlah neuron keluaran	4 kelas
Inisiasi bobot	Nguyen-Widrow
Fungsi aktivasi	Logsig
Fungsi kesalahan	Kesalahan kuadratis
Laju pembelajaran	0.1
Momentum	0.2
Pengolahan data pre-training	PCA dengan cut off dimensi 20

Hasil pembelajaran dan pengujian secara detail dapat dilihat di Lampiran 5. Sedangkan keseluruhan file pemrograman yang digunakan dalam percobaan ini dapat dilihat pada Lampiran 6.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan diuraikan beberapa hal yang menjadi kesimpulan dari tesis ini dan diuraikan beberapa saran yang dapat digunakan dalam pengembangannya di masa yang akan datang.

5.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari pengerjaan tesis ini adalah

1. Seluruh variabel dalam rekam medis pria infertil telah dipelajari kaitannya dengan keluaran yang diinginkan. Secara teoritis variabel-variabel ini berpengaruh secara signifikan terhadap keluaran. Namun kebanyakan variabel yang ada secara statistik tidak menunjukkan korelasinya.
2. Hasil terbaik yang diperoleh dari pelatihan dan pengujian data rekam medis pria infertil dari Departemen Biologi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia adalah nilai *recogniton rate* validasi sebesar 76,234%. Nilai ini masih belum dapat digunakan sebagai alat bantu pengambilan keputusan klinis di bidang tersebut.
3. Berbagai upaya yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan JST, antara lain: menambah jumlah data pelatihan secara proporsional pada tiap kelas keluaran, melakukan PCA pada data masukan, mengurangi jumlah variabel masukan menurut nilai korelasinya secara statistik, mengurangi jumlah kelas keluaran, melakukan variasi jumlah neuron pada lapis tersembunyi dan melakukan variasi laju pembelajaran.
4. Penyebab kegagalan aplikasi jaringan saraf tiruan pada data rekam medis ini adalah karena data rekam medis yang ada kurang lengkap dan detail dan terdapat multikolinearitas antar variabel, baik antar variabel masukan dan kemungkinan antar variabel keluaran juga.

5.2 Saran

Saran-saran yang dapat digunakan pada pengembangan penelitian ini, antara lain:

1. Rekam medis merupakan bahan yang sangat potensial untuk penelitian di bidang kedokteran, tidak terkecuali bagi pengembangan aplikasi teknologi biomedis. Oleh karena itu hendaknya para klinisi mencatat dengan detail

setiap variabel yang ada dalam rekam medis. Anamnesis maupun pemeriksaan yang bisa dikuantifikasi hendaknya dicatat secara kuantitas dengan skala tertentu.

2. Perlu dicoba variasi lain dalam penentuan kelas keluaran untuk mendapatkan model jaringan yang aplikatif. Misalnya, kelas keluaran dipisah sesuai dengan kesimpulan hasil pemeriksaan analisa semen. Bukan kombinasi dari beberapa kesimpulan yang ada. Atau bisa juga kelas keluaran ditentukan berdasarkan sikap yang akan diambil dokter, sehingga JST bisa menjadi alat bantu pemiliha terapi bagi dokter.
3. Perlu dilakukan uji coba JST dengan metode pembelajaran yang lain, sehingga diperoleh model yang tepat untuk data rekam medis pria infertil.
4. Memperbanyak percobaan-percobaan aplikasi jaringan saraf tiruan pada data-data rekam medis kasus yang lain sehingga nantinya diperoleh referensi yang cukup mengenai kemampuan JST sebagai alat bantu keputusan medis.

DAFTAR REFERENSI

- Abdullah, A & S. Bakry, S. (2008). Obesity and Infertility in Egyptian Men. *Research Journal of Medicine and Medical Sciences*, 3(2): 135-139.
- Agbaj, I.M., Rogers D.A., McVicar, C.M., et al. (2007). Insulin Dependant Diabetes Mellitus and Male Reproductive Functions. *Human Reproduction*. 22 (7):1871-1877.
- Ahmad, O., Wilde N, Gibson, M, et.al. (2008). Male obesity and alteration in sperm parameters. *Fertility and Sterility*, 90, 6.
- Arai. T., Kitahara, S., Horiuchi, S., Sumi S., et.al. Relationship of testicular volume to semen profiles and serum hormone concentrations in infertile Japanese males. *Int J Fertil Womens Med*. 1998. Jan-Feb;43(1):40-7
- Arif Pratisto. (2005). Cara Mudah Mengatasi Masalah Statistik dengan Rancangan Percobaan dengan SPSS 12. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Atan, A., Yilmaz, Y., Odabas, O., et.al. Does any correlation exist between varicocele grade and semen analysis? *Eastern Journal of Medicine*, 1: 15-16, 1997.
- Avededo V, Lozano JR. Camejo MI. (2009). Effect of Varicocele Grade and Age on Seminal Parameters. *Urol Int*. 2010 Apr 29.
- Blumer C.G., Restelli A.E., Del Giudice P.T., et al. (2007). Effect of Varicocele on Sperm Function and Semen Oxidative Stress. Poster session.
- Bujan L, Micusset R, Mansat A, et.al. (1989). Testicular Size in Infertile Men: Relationship to Semen Characteristics and Hormonal Blood Levels. *British Journal of Urology* (1989). 64. 637-632. 637 1989 British Journal of Urology
- Clarke R.N., Klock S.C., Geoghehan A., et.al. (1999). Relationship between psychological stress and semen quality among in-vitro fertilization patients. *Human Reproduction*, 14 (3), 753-758
- Comhaire, F. and Vermeulen, L. (1995). Human semen analysis. *Hum. Reprod. Update*, 1, 4; 343-362.
- Cornell Institute for Reproductive Medicine. Varicocele. <http://www.maleinfertility.org/new-varicocele.html>
- Cornell University. Weill Medical College Cornell Institute for Reproductive Medicine. Center for Male Reproductive Medicine and Microsurgery. <http://www.maleinfertility.org/index.html>
- , Do men become infertile after having sexually transmitted urethritis? An epidemiologic examination. *Fertil Steril* 1997; 68:205-213. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/80/entrez/>
- Dole G.R. Weidner W, Jungwirth A, et.al. (2004). Guideline on Male Infertility. European Association of Urology.

- Eskiocak S, Gozen A.S, Yapar S.B. et.al. (2005). Glutathione and free sulphhydryl content of seminal plasma in healthy medical students during and after exam stress. *Human Reproduction*, 20 (9):2595-2600.
- Eskiocak S. et al. (2006). Effect of psychological stress on the L-arginine-nitric oxide pathway and semen quality. *Braz J Med Biol Res*.vol.39, 5, 581-588.
- Fanuel Lampiao. (2009). Variation of semen parameters in healthy medical students due to exam stress. *Malawi Medical Journal*; 21(4):166-167.
- Hagan M.T, Demuth H.B, Beale M. (1996). Neural Network Design. Boston: PWS Publishing Company.
- Insulin Dependant Diabetes Mellitus and Male Reproductive Functions.
http://www.medscape.com/viewarticle/561433_print
- Jensen T.K, Andersson A.M, Jørgensen N, et.al. (2004). Body mass index in relation to semen quality and reproductive hormones among 1,558 Danish men. *Fertil Steril.*, 82(4):863-70.
- Jensen T.K, Andersson AM, Jørgensen N, et.al. (Oct., 2004). Body mass index in relation to semen quality and reproductive hormones among 1,558 Danish men. *Fertil*,82 (4),863-70.
- Karnidta, Sherlie. (2006). Penerapan Model Artificial Neural Network untuk Meramalkan dan Melakukan Analisa Sensitifitas Variabel Makroekonomi dalam Sistem Peringatan Dini Krisis Mata Uang. Tugas Sarjana Teknik, Institut Teknologi Bandung.
- Krassas GE, Pontikides N, Deligianni V., et.al. (2002). A Prospective Controlled Study of the Impact of Hyperthyroidism on Reproductive Function in Male. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 87(8):3667-3671.
- Kumar , K., Haynes, J.D. (2003), Forecasting credit ratings using an ANN and statistical technique, *International Journal of Business Studies*, 11, 91-108.
- Kumar R. (2008). Reproductive tract tuberculosis and male infertility. *Indian J Urol* [serial online] 2008;24:392-5.
<http://www.indianjurol.com/text.asp?2008/24/3/392/42624>
- Kusumoputro, B. (2001). *Jaringan Neural Buatan*. Dalam Bahan Belajar Mahasiswa Fakultas Ilmu Komputer Universitas Indonesia.
- Marconi M, Pilatz A, Wagenlehner F, Diemer T, et.al.(2009, May-June). Impact of Infection on the Secretory Capacity of the Male Accessory Glands. *International Braz J Urol*.35,(3), 299-309.
- Maria Teresa Zenzes. Smoking and reproduction: gene damage to human gametes and embryos. *Human Reproduction Update* 2000, Vol.6 no.2, pp 122-131. European Society of Human Reproduction and Embryology
- Martin RH, Rademaker AW, Greene C, et.al., (2003). A Comparison of The Frequency of Sperm Chromosome Abnormalitie in Man with Mild, Moderate and Severe Oligozoospermia. *Bio Reprod*, 1-11.

- Thorn, P. (2009). Understanding Infertility: Psychological and Social Considerations from a Counselling Perspective. *International Journal of Fertility and Sterility*, 3, 48-51.
- Tournaye, H. (2001). Gamete Source and Manipulation. *Recent Medical Development dan Unresolved Issues in Assisted Reproductive Technologies*, 83-96.
- Trum JW, Mol BW, Pannekoek Y, Spanjaard L, et.al. (1998). Value of detecting leukocytospermia in the diagnosis of genital tract infection in subfertile men. *Fertil Steril*, 70, 315-319.
- Vagnini, L., Baruffi R.L., Mauri A.L. (2007). The effects of male age on sperm DNA damage in an infertile population. *Reproductive BioMedicine Online*, 15 (5). www.rbmonline.com/Article/2960
- Vicari E, Arcoria D, Di Mauro C, et.al. (2006, Feb). Sperm output in patients with primary infertility and hepatitis B or C virus; negative influence of HBV I nfection during concomitant varicoccele. *Minerva Medica*, 97 (1), 65-77.
- Wayne J.G., Hellstrom, James W.O. et.al. (May/June 2006). Semen and Sperm Reference Ranges for Men 45 Years of Age and Older. *Journal of Andrology*, 27,3.
- Weidner W, Krause W, Ludwig M. (1999). Relevance of male accessory gland infection for subsequent fertility with special focus on prostatitis. *Hum Reprod Update* 1999,5,421-432.
- Widodo, T. (2009) Hubungan antara Jumlah Leukosit dengan Motilitas Sperma pada Hasil Analisa Sperma Pasien Infertilitas di RSUP Dr. Kariadi Semarang. Tugas akhir.
- World Health Organization. (1999). *WHO Laboratory Manual for the Examination of Human Semen and Sperm Cervical Mucus Interaction* (4th ed). United Kingdom: Cambridge Unviersity Press.
- World Health Organization. *WHO Manual for the Standardized Investigation, Diagnosis and Management of the Infertile Male*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- Zhang JP, Meng QY, Zhang LJ, et.al. (2009). Study of correlation and effect of smoking on semen quality of men. *Biology Reproduction*, 81:471.

- National Collaborating Centre for Women's and Children's Health. Fertility: assessment and treatment for people with fertility problems. London: RCOG Press; 2004 Feb. 216 p.1151
- Ness RB, Markovic N, Carlson CL, Coughlin MT. (2009, May – June). Impact of Infection on the Secretary Capacity of the Male Accessory Glands. *International Braz J Urol* , 35 (3): 299-309.
- Petroianu A, Alberti LR, Barreto M.A, et.al. (2009).Relation between diabetes mellitus and male fertility. *Einstein*,7,(4.1):407-10
- Puscheck, E. and Woodard, T. (2009, May 5). *Infertility*. Agustus, 2009. <http://emedicine.medscape.com/article/274143-overview>.
- Ramadana A, Saleh, Agarwal A. (2002). Oxidative Stress and Male Infertility: Review From Research Bench to Clinical Practice. *Journal of Andrology*,23,6.
- Rrumbullaku L, Albania. Semen Analysis. Dalam 8th Postgraduate Course for Training in Reproductive Medicine and Reproductive Biology. Diakses dari http://www.gfmer.ch/Endo/PGC_network/Semen_analysis_rrumbullaku.htm
- Rrumbullaku,L., Boci,R.,Dedja,A.,Dautaj,K. Sperm morphology in infertile men with varicocele (1998). 1st Balkan Symposium of Andrology. June 12-14, Alexandroupolis, Greece. (Oral presentation).
- Rubenstein J, Brannigan R.E. (2008). Infertility, Male. Updated: Mar 26, 2008. [http://emedicine.medscape.com/article/436829-overview"](http://emedicine.medscape.com/article/436829-overview)
- Rubenstein RA, Dogra VS, Seftel AD. (2004). Benign intrascrotal lesions. In: *J Urol* , 17(5),1765–72.
- Soemartini. (2008). Principal Component Analysis Sebagai Salah Satu Metode Untuk Mengatasi Masalah Multikolinearitas.
- Sri Kusumadewi (2004). Membangun Jaringan Saraf Tiruan Menggunakan Matlab & Excel Link. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Sri Rahayu. (2005). SPSS versi 12.00 dalam Riset Pemasaran. Bandung: Alfabeta.
- Strax J. (2006). The Prostate. <http://www.psa-rising.com/prostatecancer/prostate.htm>
- Sudha G, Reddy KSN, Reddy KK. (2009). Association between Body Mass Index and Infertility: A Cross Sectional Study. Vol I (1) Jan-June 2009. pp 73-81. Diakses dari <http://www.socialsciences-ejournal.org/>
- Suharjito. (2008). Perbandingan Penggunaan Fungsi Aktivasi Logsig dan Tansig dalam Aplikasi Jaringan Backpropagation untuk Prediksi Harga CPO. Dalam Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008. Universitas Lampung, 17-18 November 2008.
- Thonncou P, Bujan L, Multigner L, et.al. (1998). *Occupational heat exposure and male fertility: a review*. Human Reproduction,13, 8, 2122–2125.

Lampiran 2. Formulir Hasil Pemeriksaan Analisa Semen



Laboratorium Biologi Kedokteran

Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia

Jl. Salemba 6 No.6 Jakarta Pusat 10430

Telp.(021) 31930379. Fax.(021) 31907281. Email: biofkui@yahoo.com

Nama	: Iqbal	Umur	: Tahun 29
Pekerjaan	: Swasta	Telepon	:
Alamat	:	Infertilitas	primer/sekunder
Lama Menikah	: Tahun Bulan	Tanggal	:
Dikirim oleh	: Dr.	No. Klinik	:
Semen dikeluarkan	: Masturbasi Pukul : wib	No. Lab	:
Tempat dikeluarkan	: Laboratorium	Abstinensia	: hari
Tiba di lab pukul	: wib (maksimal 1 jam setelah ejakulasi)		

HASIL PEMERIKSAAN NILAI NORMAL

NO.	Pemeriksaan Makroskopis (Semen)		
1.	Likuidfaksi	Sempurna	Sempurna setelah 30 menit
2.	Warna Semen	Putih Mutiara	Putih Mutiara
3.	Bau	Khas	Khas
4.	PH	7,5	7,2 - 7,8
5.	Volume	3,0	2 - 6 ml
6.	Viskositas	4,2	< 6,2 detik

NO.	Pemeriksaan Mikroskopis Spermatozoa		
1.	Kecepatan rata-rata sperma	2,4 detik	0,8 - 1,6 dik / 0,05 mm
2.	Motilitas (setelah 1 jam)	41 %	60 %
	a. Progresif lurus cepat	0 %	0,8 - 1,6 dik / 0,05 mm (a≥25%)
	b. Progresif lurus lambat	1 ^a %	>1,6 dik / 0,05 mm (a+b≥50%)
	c. gerak di tempat	14 %	
	d. tidak bergerak	45 %	
3.	Konsentrasi sperma	19,5 juta/ml	≥20 juta/ml
4.	Jumlah sperma total	45,5 juta/ejakulat	≥40 juta/ejakulat
5.	Viabilitas sperma	97 %	≥60%
6.	Morfologi sperma normal	20 %	≥30%
7.	Aglutinasi spontan	Negatif	Negatif
8.	Auto Aglutinasi	Negatif	Negatif
9.	Elemen lain bukan sperma		
	a. Sel Leukosit	1 - 3 / LPB	≤3/LPB
	b. Sel Eritrosit	Negatif	Negatif
	c. Sel Epitel	0 / LPB	<2/LPB
10.	Uji Integritas Membran (HOS Test)	37	≥60%

Pemeriksaan Tambahan :

Uji Fruktosa (khusus pada azoospermia)	Positif
--	---------

Kesimpulan :

- 1 Jumlah sperma : normozoospermia / oligozoospermia / azoospermia
 2 Motilitas sperma : normozoospermia / astenozoospermia / nekrozoospermia
 3 Morfologi sperma : normozoospermia / teratozoospermia
 4 Viabilitas : baik / kurang baik
 5. Viskositas : normal / abnormal.

dengan
 Berdasarkan hal tsb diatas (dgn hasil analisis sperma seperti ini) kemungkinan utk membuahi secara alami

Anjuran pemeriksaan : Hormon / Immunologik / Uji Mar / Sitogenetika / Biopsi testis / Uji Pasca

senggama

Saran

Lampiran 3. Analisa Korelasi Variabel Masukan terhadap Output

		output
umur (thn)	Pearson Correlation	-0.040795275
	Sig. (2-tailed)	0.521674536
	N	249
pekerjaan	Pearson Correlation	-0.02929641
	Sig. (2-tailed)	0.645471564
	N	249
lama menikah (tahun)	Pearson Correlation	0.036677552
	Sig. (2-tailed)	0.564585642
	N	249
parotitis dg orchitis	Pearson Correlation	0.130019627
	Sig. (2-tailed)	0.040358398
	N	249
infeksi tr.gu.VD	Pearson Correlation	-0.034206208
	Sig. (2-tailed)	0.591125216
	N	249
infeksi tr.g.u. non VD	Pearson Correlation	-0.019434113
	Sig. (2-tailed)	0.760251224
	N	249
trauma testis	Pearson Correlation	0.120380148
	Sig. (2-tailed)	0.057839497
	N	249
hub kelamin (/mgg)	Pearson Correlation	0.043579464
	Sig. (2-tailed)	0.493635839
	N	249
malaria/ tipus	Pearson Correlation	-0.034079035
	Sig. (2-tailed)	0.59250621
	N	249
dirawat/operasi	Pearson Correlation	-1.8583E-17
	Sig. (2-tailed)	1
	N	249
KP	Pearson Correlation	0.022486331
	Sig. (2-tailed)	0.724022785
	N	249
DM	Pearson Correlation	0.056215828
	Sig. (2-tailed)	0.377070936
	N	249
hernia	Pearson Correlation	-0.038868226
	Sig. (2-tailed)	0.541547265
	N	249
rokok	Pearson Correlation	0.07524927

	Sig. (2-tailed)	0.236762821
	N	249
alkohol	Pearson Correlation	0.161653341
	Sig. (2-tailed)	0.010623757
	N	249
cawat/ ketat	Pearson Correlation	-0.0611958
	Sig. (2-tailed)	0.336202229
	N	249
mandi panas	Pearson Correlation	-0.019434113
	Sig. (2-tailed)	0.760251224
	N	249
stress	Pearson Correlation	-0.122725184
	Sig. (2-tailed)	0.053095433
	N	249
hepatitis	Pearson Correlation	0.055422284
	Sig. (2-tailed)	0.38385357
	N	249
status generalis	Pearson Correlation	-0.152634203
	Sig. (2-tailed)	0.02521191
	N	215
perkembangan sex sekunder	Pearson Correlation	0.063342932
	Sig. (2-tailed)	0.319490563
	N	249
penis	Pearson Correlation	-0.174193063
	Sig. (2-tailed)	0.005851461
	N	249
praeputium	Pearson Correlation	0.015835733
	Sig. (2-tailed)	0.803637794
	N	249
scrotum	Pearson Correlation	0.015835733
	Sig. (2-tailed)	0.803637794
	N	249
testis kanan	Pearson Correlation	-0.351150117
	Sig. (2-tailed)	1.22953E-08
	N	249
testis kiri	Pearson Correlation	-0.335721337
	Sig. (2-tailed)	5.65656E-08
	N	249
epididimis kanan	Pearson Correlation	0.070537452
	Sig. (2-tailed)	0.267497766
	N	249
epididimis kiri	Pearson Correlation	-0.035268726
	Sig. (2-tailed)	0.579645115

	N	249
varikokel kanan	Pearson Correlation	0.092443469
	Sig. (2-tailed)	0.145805042
	N	249
varikokel kiri	Pearson Correlation	0.082314713
	Sig. (2-tailed)	0.195469802
	N	249
likuifaksi	Pearson Correlation	-0.015835733
	Sig. (2-tailed)	0.803637794
	N	249
warna semen	Pearson Correlation	.(a)
	Sig. (2-tailed)	.
	N	249
bau	Pearson Correlation	.(a)
	Sig. (2-tailed)	.
	N	248
pH	Pearson Correlation	0.105331383
	Sig. (2-tailed)	0.097245989
	N	249
volume	Pearson Correlation	-0.239370719
	Sig. (2-tailed)	0.000136851
	N	249
viskositas	Pearson Correlation	0.009269582
	Sig. (2-tailed)	0.884285587
	N	249
kecepatan rata-rata sperma	Pearson Correlation	-0.196154384
	Sig. (2-tailed)	0.001871142
	N	249
motilitas (sth 1 jam)	Pearson Correlation	-0.771645177
	Sig. (2-tailed)	1.90302E-50
	N	249
progresif lurus cepat	Pearson Correlation	-0.325100354
	Sig. (2-tailed)	1.54247E-07
	N	249
progesif lurus lambat	Pearson Correlation	-0.72626557
	Sig. (2-tailed)	6.29703E-42
	N	248
gerak ditempat	Pearson Correlation	-0.44849747
	Sig. (2-tailed)	1.00272E-13
	N	249
tidak bergerak	Pearson Correlation	-0.222194245
	Sig. (2-tailed)	0.000411203
	N	249

konsentrasi sperma	Pearson Correlation	-0.743640954
	Sig. (2-tailed)	6.62012E-45
	N	248
jumlah sperma	Pearson Correlation	-0.678941969
	Sig. (2-tailed)	5.32448E-35
	N	249
viabilitas sperma	Pearson Correlation	-0.7189037
	Sig. (2-tailed)	6.82401E-41
	N	249
morfologi sperma normal	Pearson Correlation	-0.645680408
	Sig. (2-tailed)	9.15588E-31
	N	249
aglutinasi spontan	Pearson Correlation	0.143365103
	Sig. (2-tailed)	0.023661559
	N	249
auto aglutinasi	Pearson Correlation	0.133124739
	Sig. (2-tailed)	0.035776689
	N	249
sel leukosit	Pearson Correlation	-0.020247306
	Sig. (2-tailed)	0.750544043
	N	249
sel eritrosit	Pearson Correlation	0.054154724
	Sig. (2-tailed)	0.394840531
	N	249
sel epitel	Pearson Correlation	-0.065868642
	Sig. (2-tailed)	0.300536079
	N	249
uji integritas membran	Pearson Correlation	-0.73495822
	Sig. (2-tailed)	1.47548E-43
	N	249
uji fruktosa	Pearson Correlation	0.484846463
	Sig. (2-tailed)	4.37419E-16
	N	249
output	Pearson Correlation	1
	Sig. (2-tailed)	.
	N	249

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

a Cannot be computed because at least one of the variables is constant.

Lampiran 4. Tabel Pelatihan dan Pengujian JST pada Berbagai Variasi Jumlah Neuron pada Lapis Tersembunyi

Percobaan ke-		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Rata-rata		
Jumlah Neuron Lapis Tersembunyi	40 unit	Rr validasi	70.130	67.533	67.533	62.340	71.430	66.234	67.533	64.935	71.429	71.429	68.051	
		Epoch	12,545	11,481	9,572	9,822	10,008	9,156	9,418	8,785	10,028	10,008	10,081	
	30 unit	Rr validasi	66.234	68.831	67.533	64.935	68.831	68.830	70.130	68.831	68.831	68.831	68.831	68.181
		Epoch	12,948	10,309	10,376	13,237	8,983	11,545	8,983	9,838	10,309	9,844	10,631	
	25 unit	Rr validasi	64.935	71.429	63.636	68.831	66.234	64.935	70.130	68.831	71.429	66.234	67.662	
		Epoch	10,032	9,806	9,607	10,079	10,423	12,232	12,514	10,775	10,050	10,934	10,645	
	20 unit	Rr validasi	64.640	64.940	76.530	61.039	66.235	71.429	71.429	68.831	70.130	66.234	68.144	
		Epoch	8,585	10,628	14,158	10,845	12,905	12,470	12,105	10,717	9,698	10,258	11,237	
	15 unit	Rr validasi	71.429	71.429	72.727	72.727	66.234	66.234	67.533	72.727	71.429	67.533	70.000	
		Epoch	15,475	11,852	15,140	12,277	12,495	12,495	11,694	12,906	11,852	10,575	12,676	
	10 unit	Rr validasi	70.130	72.727	68.831	67.533	67.533	71.429	71.429	72.727	70.130	76.623	70.909	
		Epoch	13,134	17,128	14,535	12,463	14,708	12,957	12,957	13,908	14,259	17,807	14,386	
	5 unit	Rr validasi	71.429	75.320	74.026	70.130	70.130	74.026	74.026	70.130	74.026	76.623	72.987	
		Epoch	22,386	27,731	21,618	44,143	20,321	21,618	21,618	44,515	21,618	23,272	26,884	

Lampiran 5. Hasil Pelatihan dan Pengujian Model JST Terpilih

Training Process...

Error_total =

5.7644

Test Data Training

Y_tr =

Columns 1 through 7

1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Columns 8 through 14

1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Columns 15 through 21

1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0.1645	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Columns 22 through 28

1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Columns 29 through 35

1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Columns 36 through 42

1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Columns 43 through 49

1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Columns 50 through 56

1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Columns 57 through 63

1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Columns 64 through 70

1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0
--------	--------	--------	--------	--------	--------	---

0	0	0	0	0	0	1.0000	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
Columns 71 through 77							
0	0	0	0	0	0	0	
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
Columns 78 through 84							
0	0	0	0	0	0	0	
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
Columns 85 through 91							
0	0	0	0	0	0	0	
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
Columns 92 through 98							
0	0	0	0	0	0	0	
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
Columns 99 through 105							
0	0	0	0	0	0	0	
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
Columns 106 through 112							
0	0	0	0	0	0	0	
0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1.0000	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	
Columns 113 through 119							
0	0	0	0	0	0	0	
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
Columns 120 through 126							
0	0	0	0	0	0	0	
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
Columns 127 through 133							
0	0	0	0	0	0	0	
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	
Columns 134 through 140							
0	0	0	0	0	0	0	
1.0000	1.0000	0	1.0000	0	0	0	
0	0	1.0000	0	1.0000	1.0000	1.0000	
0	0	0	0	0	0	0	

Columns 141 through 147

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0

Columns 148 through 154

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0

Columns 155 through 161

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0

Columns 162 through 168

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0

Columns 169 through 175

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0

Columns 176 through 182

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0

Columns 183 through 189

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0

Columns 190 through 196

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0

Columns 197 through 203

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0

Columns 204 through 210

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0	0
0	0	0	0	1.0000	1.0000	1.0000

Columns 211 through 217

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Columns 218 through 224

```

0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000

```

Columns 225 through 231

```

0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000

```

Columns 232 through 238

```

0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000

```

Columns 239 through 245

```

0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000

```

Columns 246 through 252

```

0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000

```

Columns 253 through 259

```

0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000

```

Columns 260 through 266

```

0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000

```

Columns 267 through 273

```

0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000

```

Columns 274 through 276

```

0 0 0
0 0 0
0 0 0
1.0000 1.0000 1.0000

```

Recognition Rate Data Training = 98.55%

missmatch = 4

Test Data Testing

Y_ts =

Columns 1 through 7

```

1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000
0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0

```

Columns 8 through 14

1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	1.0000	1.0000
0	0	0	0	1.0000	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
Columns 15 through 21						
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	0
0	0	0	0	0	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
Columns 22 through 28						
0	0.3579	0	0	0	0	0
1.0000	0.4969	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0.2751	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
Columns 29 through 35						
0	0	0	0	0	1.0000	0
0	0	1.0000	1.0000	1.0000	0.1527	1.0000
1.0000	1.0000	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
Columns 36 through 42						
0	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0
0.5829	1.0000	0	0	0	0	1.0000
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
Columns 43 through 49						
1.0000	0	0	0	0	0	0
0.1885	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
Columns 50 through 56						
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0.1844	0.1931	0	0.2846	0
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8271	1.0000
0	0	0	0	0	0	0
Columns 57 through 63						
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
1.0000	1.0000	0	0	0	0	0
0	0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Columns 64 through 70						
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Columns 71 through 77						
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Recognition Rate Data Testing = 80.52%

missmatch = 15

epoch =

10000

Lampiran 6. File Pemrograman Model JST Terpilih

File: ANN.m

```

clear
clc
fprintf('Program JST Fertilitas (update 11-12-2010)\n\n');
m = 4; % Jumlah Kelas
cd data
[Xi_tr, Xi_ts, Tk_tr, Tk_ts] = getdata(m); % Load Data Matrix
cd ..
p = round(size(Xi_tr,1)/2); % Jumlah Hidden Layer

use_entropi = 'n'; % default : Quadratis
use_momentum = 'n'; % default : tanpa momentum
use_pca = input('Use PCA y/{n}?', 's'); % default : tanpa PCA
if use_pca == 'y'
    temp = size(Xi_tr,2);
    Xi = [Xi_tr Xi_ts];
    [M,Xi_std,Xi_mean,Xi,cutoff] = pca(Xi); % Proses PCA
    untuk Data Training & Testing
    Xi_tr = Xi(:,1:temp);
    Xi_ts = Xi(:,temp+1:end);
    %Xi_ts = pca_ts(Xi_ts,M,Xi_std,Xi_mean); %
    Proses PCA untuk Data Testing
    p = round(5); % Jumlah
    Neuron Hidden ditentukan 2 kali Neuron Input (setelah proses PCA)
end
alpha = 0.08;
q = size(Xi_tr,2); % Total Data Training
n = size(Xi_tr,1); % Dimensi Input

[epoch,Error_total, V0j, Vij,W0k, Wjk]=
training(Xi_tr,Tk_tr,alpha,p,m,q,n,use_entropi,use_momentum);
[Y_tr,RR_tr,false_tr] = testing(Xi_tr,V0j,Vij,W0k,Wjk,p,m,Tk_tr);
[Y_ts,RR_ts,false_ts] = testing(Xi_ts,V0j,Vij,W0k,Wjk,p,m,Tk_ts);
fprintf('\n\nTest Data Training\n')
Y_tr
fprintf('Recognition Rate Data Training = %.2f%%\n',RR_tr)
fprintf('misssmatch = %d\n',false_tr)
fprintf('\n\nTest Data Testing\n')
Y_ts
fprintf('Recognition Rate Data Testing = %.2f%%\n',RR_ts)
fprintf('misssmatch = %d\n',false_ts)
epoch
save NN M Xi_std Xi_mean V0j Vij W0k Wjk p m;

```

File:backprop.m

```

function [dV0j,dVij,dW0k,dWjk,V0j,Vij,W0k,Wjk,Error] =
backprop(Xi,Zj,Yk,Tk,dV0j,dVij,dW0k,dWjk,V0j,Vij,W0k,Wjk,alpha,use
_entropi,use_momentum)
% Komputasi Error

if use_entropi == 'y'
    % Mode 2 : Cross Entropi

```

```

E = (-Tk.*log(Yk)) - (1-Tk).*log(1-Yk);
Error = sum(E,1);
dk = Tk-Yk;           % Informasi Error
else
%Mode 1 : Kuadratis
Error = sum((Yk-Tk).^2,1);
Y1k = Yk.*(1-Yk);
dk = ((Tk-Yk).*Y1k); % Informasi Error
end

%-----

% Backpropagation

if use_momentum == 'y'
% Mode 2 : dengan momentum
% Back Propagation di output Layer
dWjk = alpha*Zj*dk' + 0.2*dWjk; % Koreksi Bobot Wjk
dW0k = alpha*dk' + 0.2*dW0k;    % Koreksi Bobot bias W0j
% Back Propagation di Hidden Layer
d_inj = Wjk*dk;
dj = d_inj.*(Zj.*(1-Zj));      % Aktivasi Koreksi Error
dVij = alpha*Xi*dj' + 0.2*dVij; % Koreksi Bobot Vij
dV0j = (alpha*dj)' + 0.2*dV0j;
else
% Mode 1 : tanpa momentum
% Back Propagation di output Layer
dWjk = alpha*Zj*dk';           % Koreksi Bobot Wjk
dW0k = alpha*dk';              % Koreksi Bobot bias W0j
% Back Propagation di Hidden Layer
d_inj = Wjk*dk;
dj = d_inj.*(Zj.*(1-Zj));      % Aktivasi Koreksi Error
dVij = alpha*Xi*dj';           % Koreksi Bobot Vij
dV0j = (alpha*dj)';
end

% Update Bobot
Wjk = Wjk + dWjk;             % Update Bobot Wij dan Bias W0j
W0k = W0k + dW0k;
Vij = Vij + dVij;            % Update Bobot Vij dan Bias V0j
V0j = V0j + dV0j;
end

```

File: feedforward.m

```

% Fungsi untuk perhitungan Output Jaringan
function [Zj,Yk] = feedforward(Xi,V0j,Vij,W0k,Wjk,p,m)
% p = Jumlah Neuron Hidden
% m = Dimensi Output atau Jumlah kelas atau Jumlah Neuron Output

%Komputasi Hidden Layer
for j=1:p
Z_inj(j,1)=V0j(j)+sum(Xi.*Vij(:,j),1); % Mencari Z_inj
end
for j=1:p

```

```

    Zj(j,1) = 1/(1+exp(-Z_inj(j))); %Fungsi Aktivasi Zj
end

%Komputasi Output Layer
for k=1:m
    Y_ink(k)=W0k(k)+sum(Zj.*Wjk(:,k),1); % Mencari Y_ink
end
for k=1:m
    Yk(k,1) = 1/(1+exp(-Y_ink(k))); %Sinyal Output Yj
end

end

```

File: inisialisasi.m

```

% inisialisasi bobot nguyen-widrom
function [V0j, Vij,W0k, Wjk] = inisialisasi(n,p,m)

% n = Dimensi Input atau Jumlah Neuron Input
% p = Jumlah Neuron Hidden
% m = Dimensi Output atau Jumlah kelas atau Jumlah Neuron Output
Vij=rand(n,p)-0.5; %Bobot Vij Random -0.5 s/d 0.5
beta = 0.7*(p^(1/n));
Vj = sqrt(sum((Vij(1:n,:).^2),1));
for i=1:n
    Vij(i,:)=beta*(Vij(i,:)./Vj); % Bobot Vij update
end
V0j=2*beta*(rand(1,p)-0.5); %bias V0j -beta s/d beta

Wjk=rand(p,m)-0.5; % Bobot Random Wjk
betal = 0.7*(m^(1/p));
Wk = sqrt(sum((Wjk(1:p,:).^2),1));
for j=1:p
    Wjk(j,:)=betal*(Wjk(j,:)./Wk); % Bobot Wjk update
end
W0k=2*betal*(rand(1,m)-0.5); %bias W0k

end

```