

BAB II

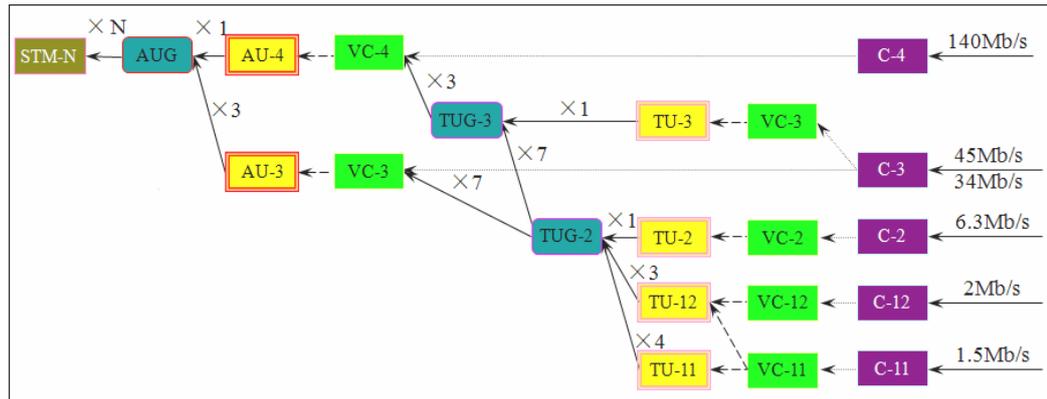
TEKNOLOGI SDH DAN IMPLEMENTASINYA DI DALAM SUATU PROYEK PEMBANGUNAN JARINGAN TRANSMISI

2.1. Teknologi SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*)

SDH merupakan suatu struktur transport digital yang beroperasi dengan pengaturan yang tepat terhadap *payload* dan mengirimnya melalui jaringan transmisi sinkron. Sebelum SDH, hirarki digital yang paling umum digunakan adalah *plesiochronous digital hierarchy* (PDH), di dunia ada tiga macam versi PDH yaitu versi Amerika, Eropa dan Jepang, ketiga versi tersebut tidak kompatibel satu dengan yang lainnya, sehingga untuk mengatasi hal tersebut maka munculah teknologi sinkron yang baru yaitu SDH. Selain itu keterbatasan PDH untuk menyediakan kanal yang besar turut pula melatar belakangi munculnya Teknologi SDH yang mampu mengirimkan sinyal informasi dengan kecepatan dan fleksibilitas yang cukup tinggi. Selain itu SDH memiliki struktur yang lebih sederhana dari pada PDH. Dalam SDH, tributary Amerika Utara dan Eropa hanya melalui satu tahapan pemultipleksan, sedangkan dalam PDH pemultipleksan asinkron digunakan saat suatu tributary di multipleks ke dalam suatu tributary yang laju bitnya lebih tinggi.

2.1.1. Struktur *Multiplexing* SDH

Multiplexing merupakan gabungan beberapa proses dan elemen yang harus dilalui oleh sinyal sampai ditransmisikan. Struktur *multiplexing* pada SDH merupakan suatu urutan proses *multiplexing* dimulai dari tahap *tributary* sampai membentuk satu frame STM-N seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 2.1 Struktur Multiplexing SDH [1]

2.1.2. Elemen Jaringan SDH

Dalam Jaringan SDH terdapat beberapa elemen dasar yang didesain sedemikian rupa disesuaikan dengan fungsinya. Spesifikasi dari struktur SDH sangat berpengaruh dalam spesifikasi elemen jaringan SDH dalam aplikasinya. Elemen dasar tersebut antara lain :

1. *Terminal Multiplexer (TM)*

TM berfungsi untuk memultiplikasi sinyal-sinyal tributary ke dalam sinyal SDH, dan juga berfungsi sebagai interface antara sinyal PDH dan SDH.

2. *Add Drop Multiplexer (ADM)*

ADM memiliki fungsi drop and insert, dimana sinyal tributari yang diturunkan dapat dimasukan sinyal tributari yang lain, sehingga kapasitas jalur utama tetap optimum. Jika ADM dihubungkan dengan ADM lain maka akan terbentuk topologi *ring*.

3. *Digital Cross Connect (DXC)*

DXC berfungsi untuk melakukan *cross-connect* terhadap sinyal-sinyal tributari dan melakukan *switching* tributari dengan bitrate yang berbeda-beda sesuai dengan jalur yang diinginkan. Jika DXC dihubungkan dengan DXC yang lain maka akan terbentuk topologi *ring by ring*.

4. *Regenerator*

Regenerator memiliki tiga fungsi, yaitu *retiming*, *regenerating* dan *reshaping* (3R). Regenerator melakukan semua fungsi tersebut pada

tingkat elektrik sehingga sinyal optik harus di ubah menjadi sinyal elektrik terlebih dahulu.

2.2. Solusi ZTE untuk Jaringan Transmisi Optik SDH

Lembaga penelitian khusus untuk teknologi optik dimulai pada tahun 1990 dan ini merupakan vendor pertama yang mengembangkan dan memproduksi produk transmisi optik. Disamping produk yang unggul, ZTE juga memberikan total solusi untuk pengembangan jaringan yang terdiri dari jaringan metro maupun backbone. Solusi yang ditawarkan akan menekan CAPEX dari operator telekomunikasi. Dengan fokus kepada CAPEX, ZTE telah mengembangkan sistem transmisi optik secara luas di seluruh dunia, seperti : China, Indonesia, India, Bulgaria, Nigeria, Pakistan, Europe, CIS, South America, Middle East, dan lain-lain.

ZTE menjadi salah satu vendor dengan tingkat pertumbuhan tercepat untuk vendor jaringan optik. Perangkat transmisi optik milik ZTE telah dikembangkan di lebih dari 40 negara di dunia, seperti terlihat dalam gambar berikut.



Gambar 2.2 Market Share ZTE untuk Perangkat Transmisi Optik [2]

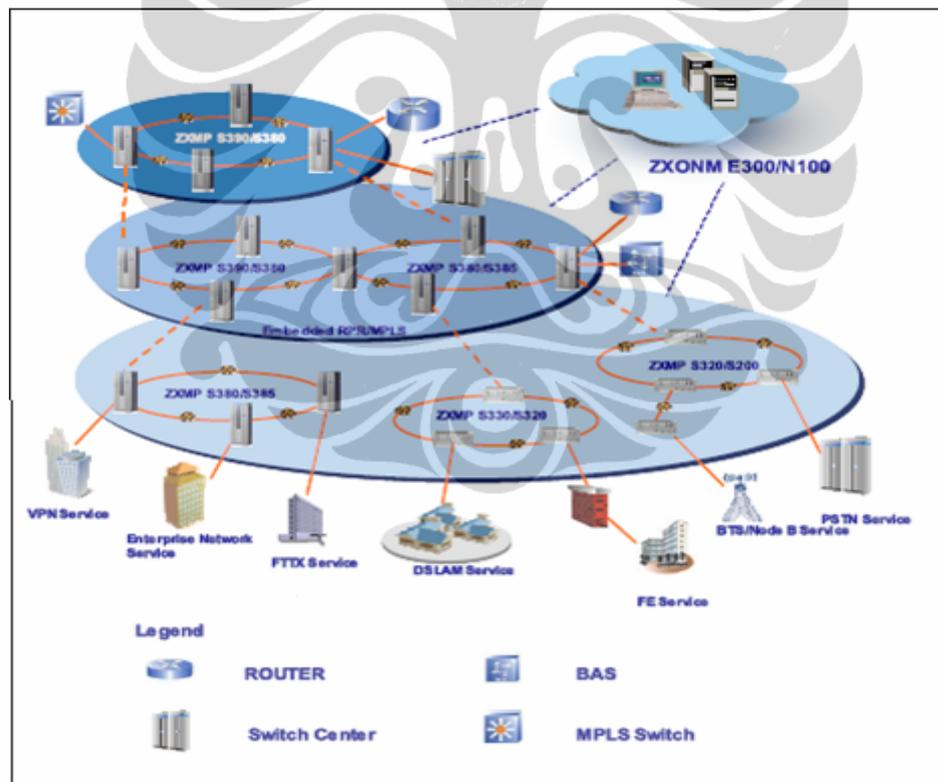
2.3. Produk ZTE untuk Perangkat Transmisi SDH

ZTE memimpin dalam pengembangan teknologi MSTP di industri telekomunikasi dan memberikan solusi untuk semua jenis layanan seperti TDM, ETH, dan ATM dengan teknologi yang telah memenuhi EOS dari transmisi secara transparan, yaitu layer 2 switching, RPR, dan MPLS. Operator dapat

mengambil keuntungan dari keunggulan produk-produk ZTE untuk membangun jaringan telekomunikasi mereka.

Type	Name	Application
ZXMP S390	STM-64 MSTP equipment	Backbone/ Convergence layer
ZXMP S385	New-generation STM-16/STM-64 MSTP equipment	Backbone/ Convergence layer
ZXMP S380	Enhanced STM-16 MSTP equipment	Convergence layer
ZXMP S330	Compact STM-16 MSTP equipment	Convergence layer
ZXMP S320	Compact STM-1/STM-4 MSTP equipment	Access layer
ZXMP S200	SDH-based optical transport equipment	Access layer

Gambar 2.3 Daftar Perangkat Transmisi ZTE [3]



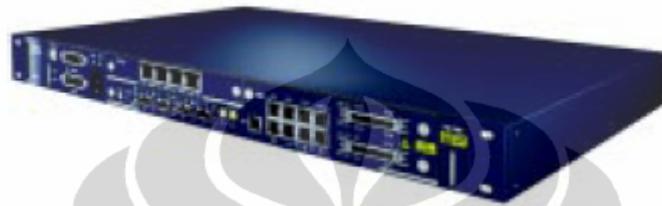
Gambar 2.4 Posisi Perangkat SDH di Dalam Jaringan Telekomunikasi [4]

ZXMP S200, ZXMP S330 diperuntukkan untuk *access layer*, tetapi untuk ZXMP S330 juga dapat diaplikasikan untuk *convergence layer*. Namun

bagaimanapun juga ZXMP S330 sudah sangat sesuai untuk aplikasi *access layer* dengan pertimbangan akan kebutuhan ekspansi kedepan akan terantisipasi, karena ZXMP S330 memiliki kapasitas hingga 2.5 G. Untuk ZXMP S380 , ZXMP S390, dan ZXMP S385 diorientasikan untuk *core layer*.

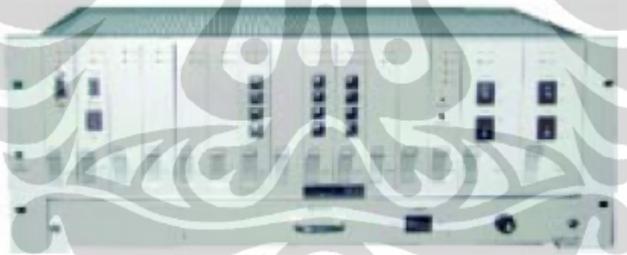
Berikut adalah *overview* untuk masing-masing tipe perangkat tersebut.

2.3.1. ZXMP S200



Gambar 2.5 Perangkat SDH Kapasitas STM-1 [5]

2.3.2. ZXMP S320



Gambar 2.6 Perangkat SDH Kapasitas STM-4 [6]

ZXMP S320 merupakan perangkat SDH dengan kapasitas STM-4 dengan bentuk yang simpel dan sangat sesuai untuk jaringan *access layer*. Perangkat ini juga mendukung 2 *standar mapping* SDH, yaitu Eropa dan Amerika. Dan memiliki kemampuan untuk diupgrade ke kapasitas yang lebih besar. Dengan sistem modular, perangkat ini mampu di pasang dengan berbagai kondisi jaringan seperti TM, ADM, MADM and REG tanpa harus merubah perangkat kerasnya.

2.3.3. ZXMP S330



Gambar 2.7 Perangkat SDH Kapasitas STM-16 [7]

ZXMP S330 merupakan perangkat SDH yang fungsional dan *compact* dengan kapasitas maksimum yang dimiliki sebesar 2.5G dan telah mendukung teknologi MSTP. Perangkat ini juga dapat dipasang untuk berbagai jenis jaringan seperti TM, ADM, MADM and REG tanpa harus merubah perangkat kerasnya. Dan dari TM dan REG dapat diupgrade dengan mudah menjadi ADM.

2.3.4. ZXMP S385



Gambar 2.8 Perangkat SDH Kapasitas STM-16 & STM-64 [8]

Berbeda dengan seri sebelumnya, ZXMP S385 diperuntukan sebagai perangkat SDH dengan kapasitas maksimal yang sangat besar, yaitu 10G dan diaplikasikan untuk jaringan backbone. Sangat sesuai untuk sistem transmisi yang mengukung jaringan transmisi *broadband*.

2.3.5. ZXMP S380 & ZXMP S390



Gambar 2.9 Perangkat SDH Kapasitas STM-16 & STM-64 [9]

2.4. **Proyek Pembangunan Jaringan Transmisi Serat Optik SDH**

Adapun beberapa proyek pembangunan jaringan transmisi serat optik yang dilakukan oleh beberapa operator di Indonesia:

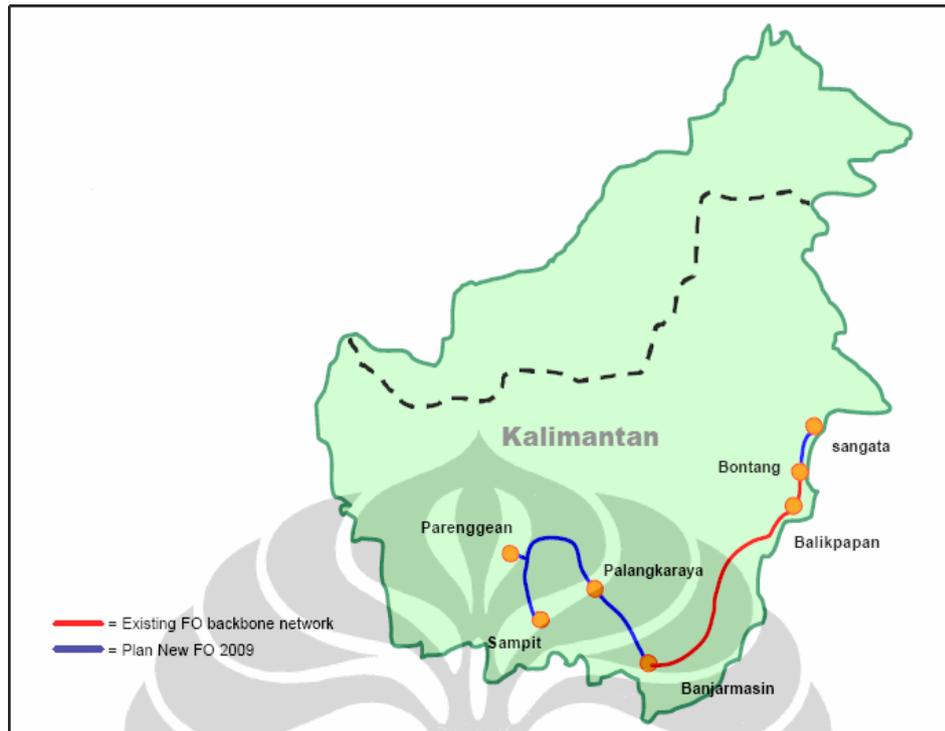
1. Pembangunan Sistem Transmisi SDH Link Banjarmasin - Sampit (INDOSAT)
2. Pengadaan dan Pemasangan SKSO Regional Metro Junction (RMJ) (TELKOM)
3. SDH Java Backbone Network (Natrindo Telepon Seluler)

2.4.1. Pembangunan Sistem Transmisi SDH Link Banjarmasin - Sampit (INDOSAT)

Overview pekerjaan proyek ini adalah melakukan pembangunan link terrestrial menggunakan transmisi serat optik dari Banjarmasin sampai Sampit menggunakan perangkat SDH. Spesifikasi minimum yang dipersyaratkan meliputi STM-1/4/16/64, dan perangkat yang disuplai harus mengikuti standar rekomendasi ITU-T seperti G.707-G.709, G.781-G.784 and G.957-G.958.

Lingkup pekerjaan untuk proyek ini meliputi :

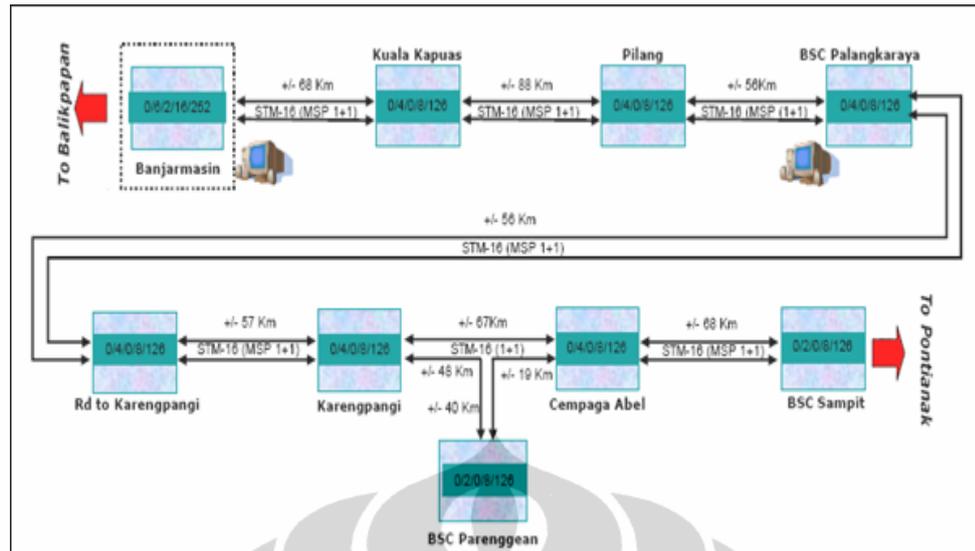
- a. Survei dan desain terhadap perangkat yang akan digunakan sebagai terminal.
- b. *System Engineering, planning, dan project management.*
- c. Menyediakan perangkat SDH dengan kapasitas mencapai STM-64 untuk 9 lokasi.
- d. Proses pabrikasi perangkat dan pengiriman ke lokasi pemasangan.
- e. Proses instalasi, *commissioning*, dan pengetesan perangkat.
- f. Menyediakan pelatihan berupa training pengoperasian dan pemeliharaan perangkat.
- g. Pekerjaan pembangunan SITAC (*Site Accuisition*), penggelaran fiber optik termasuk penggalian tanah menjadi lingkup pekerjaan Indosat. Sehingga vendor hanya melakukan pekerjaan ISP (*Inside Plan*), sedangkan Indosat melakukan pekerjaan OSP (*Outside Plan*). Vendor hanya mengkoneksikan perangkat transmisi masing-masing ke kabel optik yang sudah tersedia di tiap-tiap node yang telah ditentukan di dalam dokumen pengadaan proyek.



Gambar 2.10 Lokasi Pembangunan Optik di Pulau Kalimantan [10]



Gambar 2.11 Jalur Pembangunan Optik [11]



Gambar 2.12 Sistem Topologi Jaringan Transmisi SDH Link Banjarmasin - Sampit [12]

Jangka waktu pelaksanaan untuk pekerjaan di atas adalah 90 hari kalender. Dalam periode sekitar 3 bulan, diharapkan seluruh pekerjaan sudah selesai dan jaringan siap untuk dioperasikan secara komersial oleh Indosat.

2.4.2. Pengadaan dan Pemasangan SKSO Regional Metro Junction (RMJ) (TELKOM)

Mitra Pengadaan diminta mengajukan penawaran untuk pekerjaan Pengadaan dan Pemasangan SKSO Regional Metro Junction (RMJ) dengan tanggung jawab tunggal dan bertanggung jawab penuh secara sistem.

Lingkup Pekerjaan Proyek RMJ SKSO dimaksud meliputi :

- Survey dan design system
- Pengadaan dan pemasangan perangkat SDH dan Repeater SDH
- Pengadaan dan pemasangan perangkat Transmission Network Management System (TNMS)
- Pengadaan dan pemasangan kabel serat optik
- Pengadaan alat ukur SKSO, suku cadang (*spare*) dan perkakas
- Pengadaan dan pemasangan perangkat catu daya DC
- Pengadaan *Instruction Handbooks*

- h. Integrasi dengan kabel serat optik eksisting, Jaringan Sinkronisasi Nasional (JSN), Sistem Grounding eksisting dan dengan Sub System Telekomunikasi lainnya
- i. Pengujian / pengetesan karakteristik perangkat ON, TNMS, Spares, dan Alat Ukur
- j. Pengurusan perijinan dari pihak ketiga terkait dengan pembebasan lahan untuk lokasi instalasi serta pembangunan pekerjaan CME untuk semua site yang telah disepakati di dalam dokumen tender. Telkom akan menerima pekerjaan setelah seluruh pekerjaan dinyatakan telah diuji terimakan dan dinyatakan berfungsi secara operasional dan siap untuk digunakan secara komersial bagi Telkom.
- k. Alih pengetahuan / training di dalam negeri

Waktu pelaksanaan proyek selama 120 hari kalender.

Konfigurasi dan Teknologi Perangkat

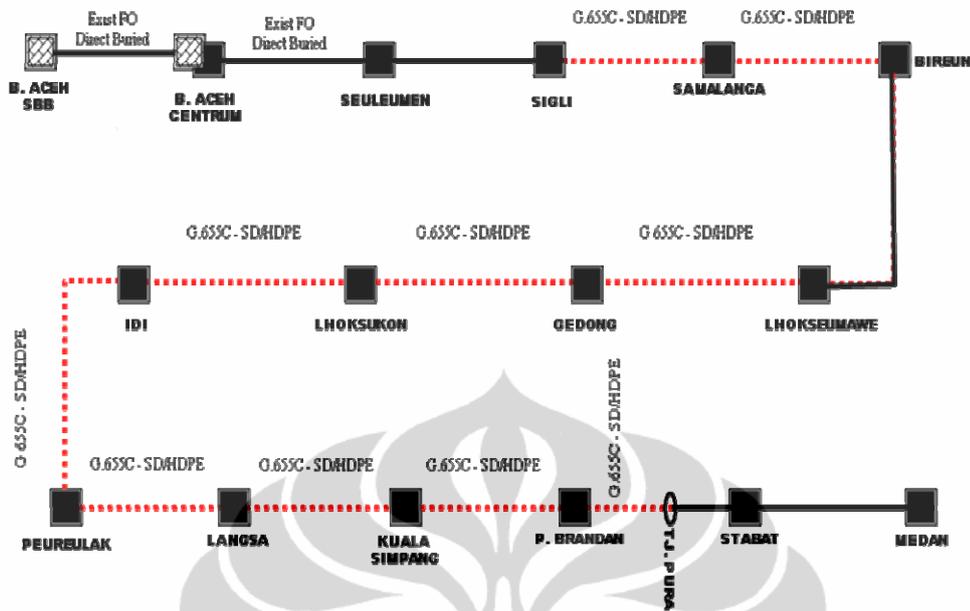
Pengadaan dan Pemasangan RMJ SKSO harus dirancang menggunakan teknologi SDH yang terdiri dari tetapi tidak terbatas pada :

a. Add and Drop Multiplexer

- 1) Add and Drop Multiplexer tingkat 16 (ADM-16), 4 (ADM-4) dan atau 1 (ADM-1) harus ditawarkan untuk setiap lokasi terminal pada masing-masing Paket sesuai kebutuhan.
- 2) Perangkat ini juga harus dapat difungsikan sebagai terminal multiplexer, cross connect dan dilengkapi manajemen ring secara kesisteman.
- 3) Khusus perangkat SDH STM-1 dan STM-4 yang ditawarkan harus *upgradeable* berturut-turut menjadi STM-4 dan STM-16.

b. Kelengkapan Instalasi

Termasuk yang harus ditawarkan dalam pekerjaan ini adalah jasa integrasi dengan kabel serat optik eksisting dan integrasi dengan kabel serat optik baru pekerjaan-pekerjaan terminasi semua tributary dan aggregate beserta penyediaan perangkat, kabel, konektor yang sesuai dan perangkat termination box (OTB, DDF dll).



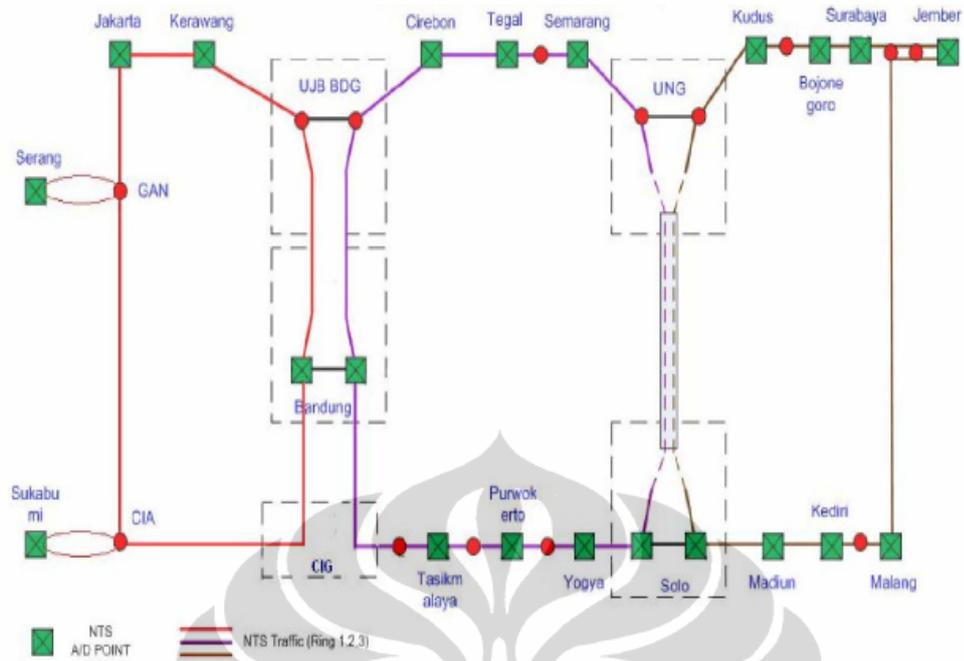
Gambar 2.13 Sistem Konfigurasi SKSO STM-16 L-16.2 (1550 nm) [13]

2.4.3. SDH Java Backbone Network (Natrindo Telepon Seluler)

Pembangunan jaringan transmisi SDH ini mengelilingi Pulau Jawa membentuk sebuah *ring*. Sistem konfigurasi menggunakan proteksi untuk meningkatkan reliabilitas jaringan.

Lingkup Pekerjaan Proyek dimaksud meliputi :

- *Engineering, perencanaan, manajemen proyek* dan koordinasi dalam implementasi
- Desain, pabrikasi, pengetesan pabrik, dan pengiriman semua perangkat termasuk cadangan ke lokasi instalasi
- Pekerjaan instalasi, pengetesan dan *commissioning* perangkat SDH
- Mengurus semua perijinan selama proses penyelesaian pekerjaan
- Integrasi dengan sistem lainnya
- Masa garansi
- Layanan purna jual
- Survei lokasi, untuk mendapatkan gambaran penempatan perangkat



Gambar 2.14 Sistem Konfigurasi Jaringan SDH Java Backbbone [14]

2.5. Proses Hirarki Analitik

Metode ini adalah sebuah kerangka untuk mengambil keputusan dengan efektif atas persoalan yang kompleks dengan menyederhanakan dan mempercepat proses pengambilan keputusan dengan memecahkan persoalan tersebut kedalam bagian-bagiannya, menata bagian atau variabel ini dalam suatu susunan hirarki, memberi nilai numerik pada pertimbangan subjektif tentang pentingnya tiap variabel dan mensintesis berbagai pertimbangan ini untuk menetapkan variabel yang mana yang memiliki prioritas paling tinggi dan bertindak untuk mempengaruhi hasil pada situasi tersebut. Metode AHP ini membantu memecahkan persoalan yang kompleks dengan menstruktur suatu hirarki kriteria, pihak yang berkepentingan, hasil dan dengan menarik berbagai pertimbangan guna mengembangkan bobot atau prioritas. Metode ini juga menggabungkan kekuatan dari perasaan dan logika yang bersangkutan pada berbagai persoalan, lalu mensintesis berbagai pertimbangan yang beragam menjadi hasil yang cocok dengan perkiraan kita secara intuitif sebagaimana yang dipresentasikan pada pertimbangan yang telah dibuat.

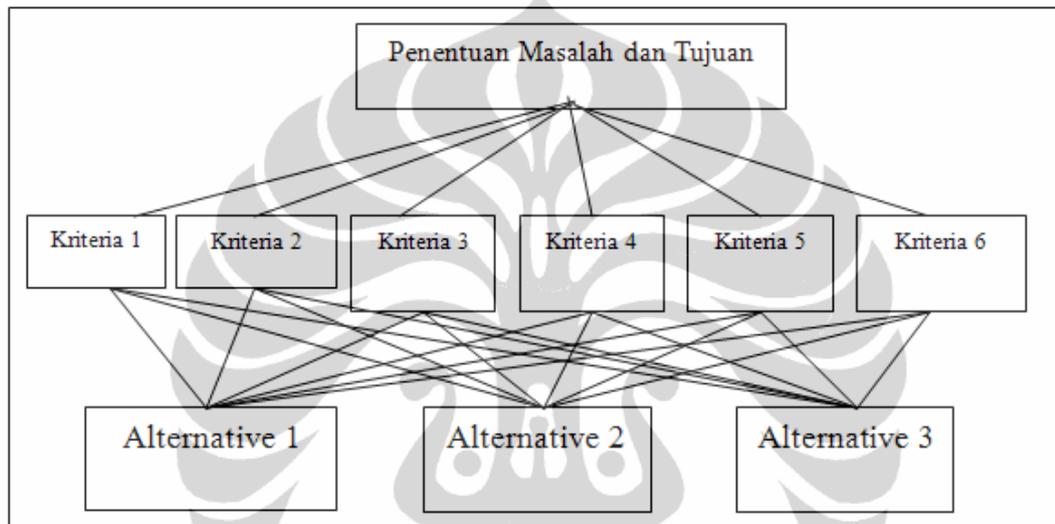
Menurut Saaty, ada tiga prinsip dalam memecahkan persoalan dengan AHP, yaitu prinsip menyusun hirarki (Decomposition), prinsip menentukan prioritas (Comparative Judgement), dan prinsip konsistensi logis (Logical Consistency). Hirarki yang dimaksud adalah hirarki dari permasalahan yang akan dipecahkan untuk mempertimbangkan kriteria-kriteria atau komponen-komponen yang mendukung pencapaian tujuan. Dalam proses menentukan tujuan dan hirarki tujuan, perlu diperhatikan apakah kumpulan tujuan beserta kriteria-kriteria yang bersangkutan tepat untuk persoalan yang dihadapi. Dalam memilih kriteria-kriteria pada setiap masalah pengambilan keputusan perlu memperhatikan kriteria-kriteria sebagai berikut:

1. Lengkap
Kriteria harus lengkap sehingga mencakup semua aspek yang penting, yang digunakan dalam mengambil keputusan untuk pencapaian tujuan.
2. Operasional
Operasional dalam artian bahwa setiap kriteria ini harus mempunyai arti bagi pengambil keputusan, sehingga benar-benar dapat menghayati terhadap alternatif yang ada, disamping terhadap sarana untuk membantu penjelasan alat untuk berkomunikasi.
3. Tidak berlebihan
Menghindari adanya kriteria yang pada dasarnya mengandung pengertian yang sama.
4. Minimum
Diusahakan agar jumlah kriteria seminimal mungkin untuk mempermudah pemahaman terhadap persoalan, serta menyederhanakan persoalan dalam analisis.

Dekomposisi

Setelah persoalan didefinisikan maka perlu dilakukan decomposition, yaitu memecah persoalan yang utuh menjadi unsur-unsurnya. Jika ingin mendapatkan hasil yang akurat, pemecahan juga dilakukan terhadap unsur-unsurnya sehingga didapatkan beberapa tingkatan dari persoalan tadi. Karena alasan ini maka proses analisis ini dinamai hirarki (Hierarchy). Pembuatan hirarki tersebut tidak

memerlukan pedoman yang pasti berapa banyak hirarki tersebut dibuat, tergantung dari pengambil keputusan-lah yang menentukan dengan memperhatikan keuntungan dan kerugian yang diperoleh jika keadaan tersebut diperinci lebih lanjut. Ada dua jenis hirarki, yaitu hirarki lengkap dan hirarki tidak lengkap. Dalam hirarki lengkap, semua elemen pada semua tingkat memiliki semua elemen yang ada pada tingkat berikutnya. Jika tidak demikian maka dinamakan hirarki tidak lengkap.



Gambar 2.15 Struktur AHP

Perbandingan Kepentingan

Prinsip ini berarti membuat penilaian tentang kepentingan relatif dua elemen pada suatu tingkat tertentu dalam kaitannya dengan tingkat yang di atasnya. Penilaian ini merupakan inti dari AHP, karena akan berpengaruh terhadap prioritas elemen-elemen. Hasil dari penilaian ini akan ditempatkan dalam bentuk matriks yang dinamakan *matriks pairwise comparison*. Dalam melakukan penilaian terhadap elemen-elemen yang diperbandingkan terdapat tahapan-tahapan, yakni:

1. Elemen mana yang lebih (penting/disukai/berpengaruh/lainnya)
2. Berapa kali sering (penting/disukai/berpengaruh/lainnya)

Agar diperoleh skala yang bermanfaat ketika membandingkan dua elemen, perlu dipahami tujuan yang diambil secara umum. Dalam penyusunan skala kepentingan, Saaty menggunakan patokan pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Skala Kepentingan

Intensitas Kepentingannya	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen sama pentingnya	Dua elemen menyumbang sama besar pada sifat itu
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting ketimbang yang lainnya	Pengalaman dan pertimbangan sedikit menyokong satu elemen atas yang lainnya
5	Elemen yang satu esensial atau sangat penting ketimbang elemen yang lainnya	Pengalaman dan pertimbangan dengan kuat menyokong satu elemen atas elemen yang lainnya
7	Satu elemen jelas lebih penting dari elemen yang lainnya	Satu elemen dengan kuat disokong, dan dominannya telah terlihat dalam praktek
9	Satu elemen mutlak lebih penting ketimbang elemen yang lainnya	Bukti yang menyokong elemen yang satu atas yang lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan
2,4,6,8	Nilai-nilai diantara dua pertimbangan yang berdekatan	Kompromi diperlukan antara dua pertimbangan
Kebalikan	Jika untuk aktivitas i mendapat satu angka bila dibandingkan dengan suatu aktivitas j , maka j mempunyai nilai kebalikannya bila dibandingkan dengan aktivitas i .	

Dalam penilaian kepentingan *relative* dua elemen berlaku aksioma *reciprocal*, artinya jika elemen i dinilai 3 kali lebih penting dibanding j , maka elemen j harus sama dengan $1/3$ kali pentingnya dibanding elemen i . Disamping itu, perbandingan dua elemen yang sama akan menghasilkan angka 1, artinya sama penting. Dua elemen yang berlainan dapat saja dinilai sama penting. Jika terdapat m elemen, maka akan diperoleh *matriks pairwise comparison* berukuran $m \times n$. Banyaknya penilaian yang diperlukan dalam menyusun matriks ini adalah $n(n-1)/2$ karena matriks *reciprocal* dan elemen-elemen diagonalnya sama dengan 1.

Sintesis

Dari setiap *matriks pairwise comparison* kemudian dicari nilai *eigen* vektornya untuk mendapatkan *local priority*. Karena matriks-matriks *pairwise comparison* terdapat pada setiap tingkat, maka untuk mendapatkan *global priority* harus dilakukan sintesis antara *local priority*. Pengurutan elemen-elemen menurut kepentingan relatif melalui prosedur sintesis dinamakan *priority setting*.

Konsistensi

Konsistensi memiliki dua makna, pertama adalah objek-objek yang serupa dapat dikelompokkan sesuai dengan keseragaman dan relevansi. Arti kedua adalah menyangkut tingkat hubungan antara objek-objek yang didasarkan pada kriteria tertentu.

2.6. Penggunaan Metode AHP

AHP dapat digunakan dalam memecahkan berbagai masalah diantaranya untuk mengalokasikan sumber daya, analisis keputusan manfaat atau biaya, menentukan peringkat beberapa alternatif, melaksanakan perencanaan ke masa depan yang diproyeksikan dan menetapkan prioritas pengembangan suatu unit usaha dan permasalahan kompleks lainnya. Secara umum, langkah-langkah dasar dari AHP dapat diringkas dalam penjelasan berikut ini:

1. Mendefinisikan masalah dan menetapkan tujuan. Bila AHP digunakan untuk memilih alternatif atau penyusunan prioritas alternatif, maka pada tahap ini dilakukan pengembangan alternatif.
2. Menyusun masalah dalam struktur hirarki. Setiap permasalahan yang kompleks dapat ditinjau dari sisi yang detail dan terstruktur.
3. Menyusun prioritas untuk tiap elemen masalah pada tingkat hirarki. Proses ini menghasilkan bobot elemen terhadap pencapaian tujuan, sehingga elemen dengan bobot tertinggi memiliki prioritas penanganan. Langkah pertama pada tahap ini adalah menyusun perbandingan berpasangan yang ditransformasikan dalam bentuk matriks, sehingga matriks ini disebut matriks perbandingan berpasangan.

C merupakan kriteria dan memiliki n dibawahnya, yaitu A1 sampai dengan An. Nilai perbandingan elemen Ai terhadap elemen Aj dinyatakan dalam aij yang menyatakan hubungan seberapa jauh tingkat kepentingan Ai bila dibandingkan dengan Aj. Bila nilai aij diketahui, maka secara teoritis nilai aji adalah 1/aij, sedangkan dalam situasi i=j adalah mutlak 1. Nilai numerik yang dikenakan untuk perbandingan diatas diperoleh dari skala perbandingan yang dibuat oleh Saaty pada tabel diatas. Untuk menyusun suatu matriks yang akan diolah datanya, langkah pertama yang dilakukan adalah menyatukan pendapat para responden melalui rata-rata geometrik yang secara sistematis ditulis sebagai berikut:

$$A_{ij} = (Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n)^{1/n} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana aij menyatakan nilai rata-rata geometrik, Z1 menyatakan nilai perbandingan antar kriteria untuk responden ke 1, dan n menyatakan jumlah partisipan. Pendekatan yang dilakukan untuk memperoleh nilai bobot kriteria adalah dengan langkah-langkah berikut:

- a. Menyusun matriks perbandingan

C	A ₁	A ₂	...	A _n
A ₁	a ₁₁	a ₁₂	...	a _{1n}
A ₂	a ₂₁	a ₂₂	...	a _{2n}
...
A _n	a _{n1}	a _{n2}	...	a _{nn}

- b. Matriks perbandingan hasil normalisasi

C	A ₁	A ₂	...	A _n
A ₁	a ₁₁	a ₁₂	...	a _{1n}
A ₂	a ₂₁	a ₂₂	...	a _{2n}
...
A _n	a _{n1}	a _{n2}	...	a _{nn}

- 4. Melakukan pengujian konsistensi terhadap perbandingan antar elemen yang didapatkan pada tiap tingkat hirarki. Konsistensi perbandingan ditinjau dari per matriks perbandingan dan keseluruhan hirarki untuk memastikan bahwa urutan prioritas yang dihasilkan didapatkan dari suatu rangkaian perbandingan yang masih berada dalam batas-batas preferensi yang logis. Setelah melakukan perhitungan bobot elemen, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian konsistensi matriks. Untuk melakukan perhitungan ini

diperlukan bantuan table Random Index (RI) yang nilainya untuk setiap ordo matriks dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Urutan Matriks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(RI)	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Dengan tetap menggunakan matriks diatas, pendekatan yang digunakan dalam pengujian konsistensi matriks perbandingan adalah:

- a. Melakukan perkalian antara bobot elemen dengan nilai awal matriks & membagi jumlah perkalian bobot elemen & nilai awal matriks dengan bobot untuk mendapatkan nilai eigen.

Tujuan	Sub-1 (1)	Sub-2 (2)	Sub-3 (3)	Jumlah (4) = 1+2+3	Bobot (w) (5) = (4)/3	Nilai Eigen (6) = (5)/(4)
Sub-1	0,13	0,11	0,17	0,41	0,13	3,15
Sub-2	0,26	0,21	0,17	0,63	0,21	3,05
Sub-3	0,52	0,84	0,66	1,97	0,66	3,06

- b. Mencari nilai matriks

Nilai matriks merupakan nilai rata-rata dari nilai eigen yang didapatkan dari perhitungannya.

$$\lambda_{Maks} = (3,15 + 3,05 + 3,06) / 3 = 3,09$$

- c. Mencari nilai *Consistency Index* (CI)

$$CI = \lambda_{Maks} = N / (N-1) \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan N adalah jumlah elemen dalam matriks (N=3), maka :

$$CI = (3.09 - 3) / (3-1) = 0.045$$

d. Mencari nilai *Consistency Ratio* (CR)

$$CR = CI / RI \dots\dots\dots (2.3)$$

Maka $CR = 0.045 / 0.58 = 0.08$

Suatu matriks perbandingan disebut konsisten jika nilai $CR < 0,10$.

5. Melakukan pengujian konsistensi hirarki. Pengujian ini bertujuan untuk menguji kekonsistensian perbandingan antara kriteria yang dilakukan untuk seluruh hirarki. Total CI dari suatu hirarki diperoleh dengan jalan melakukan pembobotan tiap CI dengan prioritas elemen yang berkaitan dengan faktor-faktor yang diperbandingkan, dan kemudian menjumlahkan seluruh hasilnya. Dasar dalam membagi konsistensi dari suatu level matriks hirarki adalah mengetahui konsistensi indeks (CI) dan vektor eigen dari suatu matriks perbandingan berpasangan pada tingkat hirarki tertentu.

$$CI_{Hij} = CI_{ij} + (E_{Vij}) (CI_{ij} + 1) \dots\dots\dots (2.4)$$

$$RI_{Hij} = RI_{ij} + (E_{Vij}) (RI_{ij} + 1) \dots\dots\dots (2.5)$$

$$CR_{Hij} = CI_{Hij} / RI_{Hij} \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana,

CR_{Hij} = Rasio konsistensi hirarki dari matriks perbandingan berpasangan matriks i hirarki pada tingkat j yang dikatakan konsisten jika nilainya $< 10\%$.

CI_{Hij} = Indeks konsistensi hirarki dari matriks perbandingan i pada tingkat j .

RI_{Hij} = Indeks random hirarki dari matriks perbandingan berpasangan i pada hirarki tingkat j .

$CI_{i,j}$ = Indeks konsistensi dari matriks perbandingan berpasangan i pada hirarki tingkat j .

$E_{V_{i,j}}$ = Vektor eigen dari matriks perbandingan berpasangan i pada hirarki tingkat j yang berupa vektor garis.

$CI_{i,j} + 1$ = Indeks konsistensi dari matriks perbandingan berpasangan yang dibawah matriks i pada hirarki tingkat $j+1$ berupa vektor kolom.

$RI_{i,j}$ = Indeks random dari matriks perbandingan berpasangan i hirarki pada tingkat j .

$R_{i,j} + 1 =$ Indeks rasio dari orde matriks perbandingan berpasangan yang dibawah matriks i pada hirarki tingkat $j+1$ berupa vektor kolom.

2.7. *Perangkat lunak Expert Choice*

Perangkat lunak Expert Choice (EC) adalah alat bantu untuk menentukan prioritas sebuah keputusan multi-kriteria berdasarkan metode Proses Hirarki Analitik, sebuah teori matematika yang pertama dikembangkan di Wharton School of the University of Pennsylvania oleh salah satu orang pendiri Expert Choice, Thomas L. Saaty.

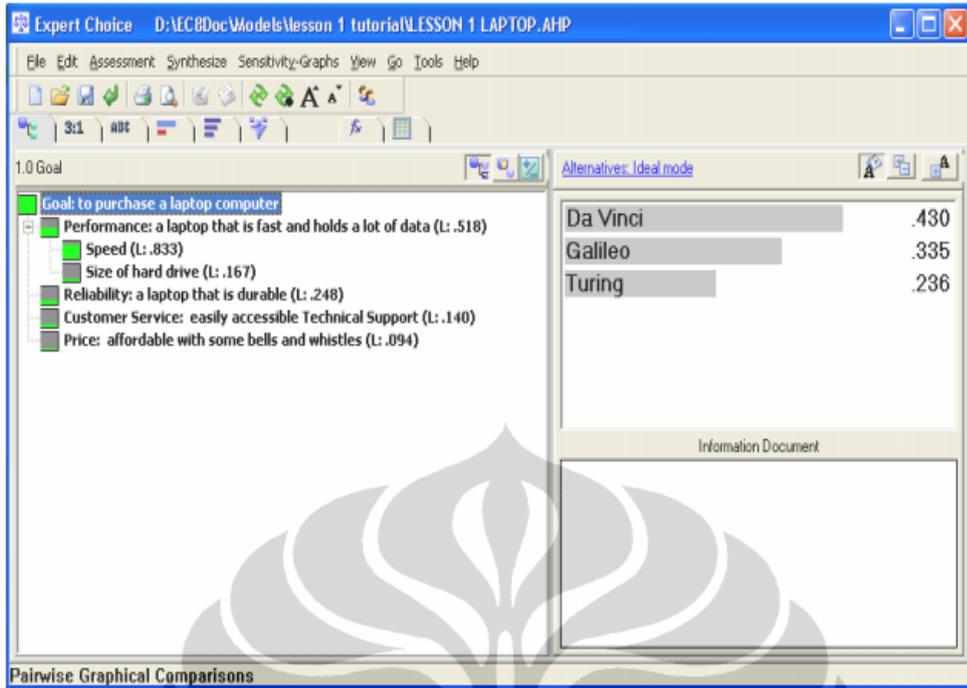
Berikut ini adalah langkah-langkah dalam menggunakan AHP dan Expert Choice:

- Bertukar pikiran melalui wawancara dan diskusi dan buat struktur keputusan sebagai model hirarki
- Buat grup pemodelannya
- Tentukan tipe dan model perbandingan pairwise atau fungsi grid data
- Masukkan data ke Expert Choice melalui database external
- Perbandingan pairwise dari kriteria-kriteria untuk menentukan tingkat kepentingan dalam pengambilan keputusan
- Tentukan alternatif terbaik
- Lakukan analisis sensitivity
- Export data ke *external databases*

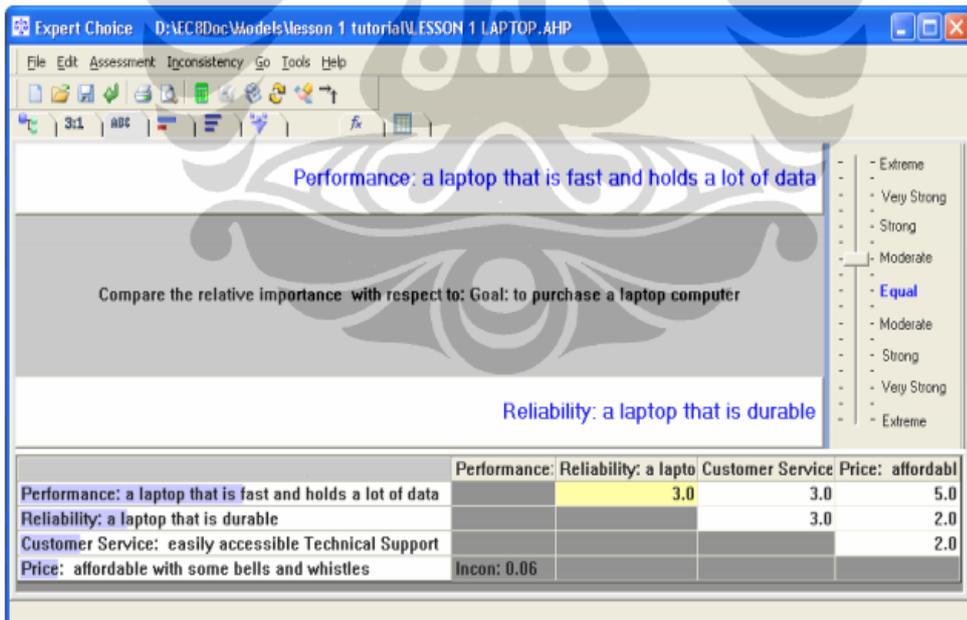
Expert Choice mempunyai metode yang unik dengan perbandingan *pairwise* untuk mendapatkan prioritas secara akurat yang merefleksikan nilai dan persepsi dari pihak yang berwenang dalam pengambilan keputusan dengan menggunakan sistem *perangkat lunak*.

Expert Choice menyediakan sintesis dari beberapa penilaian dengan pemodelan grup. *Expert Choice* juga sangat berguna untuk perkiraan, penghitungan resiko dan masalah ketidakpastian, dan penjabaran distribusi probabilitas.

Beberapa tampilan dari *perangkat lunak Expert Choice* di berikan seperti gambar berikut ini :



Gambar 2.16 Struktur Hierarchy di Expert Choice



Gambar 2.17 Tampilan Kriteria-kriteria

