Perancangan dan Implementasi Model Infrastruktur Telekomunikasi Berbasis Teknologi Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH) Standar ITU G.703

Sutrisno [a], Enceng Sulaeman[b]

[a]*Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012*
E-mail :sutrisno@polban.ac.id
[b]Jurusan Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : enceng.sulaeman@polban.ac.id

ABSTRAK

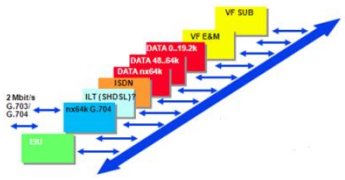
Infrastruktur telekomunikasi berbasis *Pleisiochronouss Digital Hierarchy* (PDH) adalah jaringan digital menggunakan teknologi *Time Division Multiplexing-Pulse Code Modulation* (TDM-PCM) yang biasanya terinterkoneksi di atas media fisik dapat berupa kabel tembaga serat optik atau gelombang mikro. Makalah ini membahas mengenai hasil penelitian tentang perancangan Model Infrastruktur Telekomunikasi berbasis Teknologi PDH Standar ITU G.703 untuk aplikasi jaringan komunikasi analog (telepon) dengan menggunakan dua unit *Hybrid Private Branching Exchange* (Hybrid PBX) yang keduanya terintegrasi dengan jaringan digital dan secara geografis berada di dua tempat (*site*) yang berbeda. Sedangkan media yang digunakan untuk menghubungkan (*link*) kedua jaringan tersebut yaitu gelombang mikro yang bekerja pada pita frekuensi 13 Ghz. Interkoneksi dari kedua PBX tertsebut (*PBX trunking*) dilakukan via interfis 4 *Wire E&M* yang disediakan pada perangkat multiplexer PDH dan PBXnya sehingga pesawat telepon (*extension*) dari satu PBX dapat memanggil pesawat telepon pada PBX yang lain. Metode penelitian didasarkan pada beberapa tahapan sebagai berikut; tahap persiapan, perancangan, implementasi dan pengujian dan evaluasi. Hasil penelitian, model infrastrutur telekomunikasi berskala laboratorium telah berhasil dibangun dan diuji berdasarkan standar *performance objective* Rec.ITU G.821 dan G.826 dengan hasil yang baik. Selanjutnya infrastruktur telekomunikasi tersebut dapat digunakan sebagai *indoor testbed* berskala kecil (*small scale indoor testbed)* untuk pengujian dan evaluasi berbagai perangkat dan aplikasi layanan telekomunikasi. Untuk waktu kedepan model infrastruktur ini dapat dikembangkan untuk berbagai aplikasi layanan telekomunikasi seperti Ethernet over PDH, VoIP dan lain-lain.

Kata Kunci
Testbed, PDH, multiplexing, E&M Signalling

1. PENDAHULUAN

Sektor telekomunikasi terbukti telah menyumbang keberhasilan ekonomi suatu bangsa [1]. Keberhasilan sistem telekomunikasi ditentukan beberapa faktor diantaranya aspek infrastruktur, layanan, dan kemudahan pemasangan dan perawatan. Akar masalahnya ialah bahwa infrastruktur telekomunikasi harus handal, dan layanan harus dapat mendukung kebutuhan sipengguna itu sendiri. Infrastruktur telekomunikasi mutlak diperlukan bagi terselenggaranya layanan telekomunikasi yang baik seperti layanan telekomunikasi yang diselenggarakan oleh para operator telekomunikasi seperti PT.Telkom, Telkomsel dan sebagainya. Tetapi infrastruktur telekomunikasi juga diperlukan pada bidang-bidang lainnya misalkan, pada bidang ketenaga listrikan untuk sistem SCADA, bidang transportasi Kereta Api (KA) untuk sistem persinyalaan dan pengaturan perjalanan KA yang memerlukan tingkat keselamatan yang sangat tinggi. Disamping itu pula infrastruktur harus mudah dioperasikan dan di*troubleshooting* bila terjadi gangguan atau kerusakan.

Masalahnya dalam membangun sebuah infrastruktur telekomunikasi yang dapat memberikan layanan-layanan seperti diuraikan diatas, infrastruktur harus memiliki interfis-interfis yang mendukung berbagai aplikasi sesuai dengan kebutuhannya, misalkan untuk keperluan komunikasi suara (telepon) diperlukan interfis VF analog 4 Wire E&M sedangkan untuk komunikasi data diperlukan interfis data dengan standar tertentu, misalkan, V.11, V.24, V.28, atau G703. seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1 dibawah.



Gambar 1: Macam interfis untuk akses jaringan

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Testbed*

[Catlett] dalam artikelnya yang berjudul *Testbeds: Bridges from Research to Infrastructure* menjelaskan bahwa pengembangan, pengujian, dan pengayaan sebuah teknologi adalah merupakan fungsi dari sebuah *testbed*. Menurut kamus Webster *testbeds* diartikan sebagai sebuah kendaraan yang digunakan untuk pengujian perangkat atau peralatan baru seperti mesin atau sistem persenjataan atau secara umum adalah setiap perangkat (*device*), fasilitas, atau suatu alat untuk pengujian sesuatu yang masih dalam pengembangan.

Peran, aplikasi, dan pengembangan dari sebuah *testbed* adalah dengan melihat sistem yang lampau maupun yang sekarang yang pada dasarnya adalah belajar bagaimana sebuah *testbed* dapat menyediakan pengetahuan dan kemampuan. Beberapa *testbed* yang ditinjau telah mengarah kepada suatu bentuk sebuah infrastruktur seperti yang gambarkan oleh beberapa *testbed* yang pernah dibangun sebagai berikut; Pada tahun 1984, kongres Amerika serikat menyetujui pendanaan untuk apa yang disebut sebagai "*Decibit testbed"* untuk menyelidiki sebuah teknologi baru: Telegraf [2].
Pada tahun 1972, Washington DC dijadikan tempat petama kali ARPANET didemonstrasikan. Jaringan tersebut dikembangkan lebih luas hingga ke Konferensi Internasional Komunikasi dan Komputer (*International Conference on Computers and Communication*, ICCC) untuk menunjukan bagaimana ARPANET dapat mendukung akses computer secara jarak jauh. Pada kedua contoh *testbed* tersebut, teknologi yang sedang diamati dalam beberapa hal tidak sesuai dengan praktisnya saat itu atau tidak sesuai dengan *state of the art* teknologi.

Kedua "*testbed*" ini, percobaan telegraf yang pertama dan berikutnya ARPANET, telah memberikan beberapa pelajaran yang terkait dengan transisi penelitian kedalam sebuah infrastruktur. Keduanya menawarkan model yang tidak perlu harus konsisten dengan prakteknya saat itu dan umumnya bahkan dianggap tidak praktis atau ketinggalan. Keduanya bersatu dalam sebuah infrastruktur yang melibatkan eksperimen dan algoritma. Dalam hal telegrafi, perangkatnya lebih bersifat ekperimental: sistem pengkodean telegrafi (Morse code) esensinya ialah sebuah protokol baru. Dalam hal ARPANET, sirkuit telepon sewa (leased telephone circuit) dan jaringan komputer global (global internet) merupakan infrastruktur telekomunikasi saat ini, sementara perangkat lunak, perangkat interfis, aplikasi, dan protokol terbilang baru dan masih terus dalam pengembangan dan pengujian

Jadi berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan bahwa testbed dapat diartikan sebagai suatu proyek infrastruktur untuk melaksanakan berbagai eksperimen dengan kemampuan baru. Tetapi secara umum testbed juga dapat diartikan sebagai sekumpulan pengguna yang mencoba program aplikasi perangkat lunak atau perangkat keras baru yang ditujukan untuk mengetahui sejauh mana utilitas dari perangkat-perangkat tersebut. *Testbed* dapat berupa kombinasi yang kompleks antara teknologi dan manusia oleh karena itu penting mempertimbangkan kontribusi organisasi atau lembaga untuk pengembangan sebuah testbed.

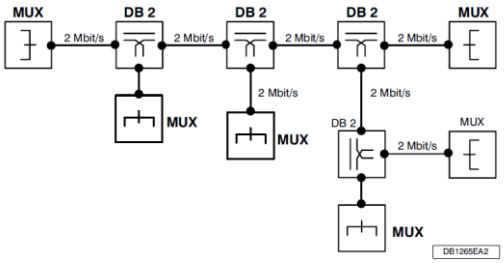
2.2 *Plesiochronous Digital Hierarchy* (PDH) Standar G.703

Plesiochronous digital hierarchy (PDH) merupakan teknologi yang digunakan pada jaringan telekomunikasi untuk membawa kuantitas data yang besar melalui perangkat transportasi baseband sinyal digital seperti serat optic dan sistem radio microwave Istilah *plesiochronous* berasal dari bahasa yunani yaitu *plesios* yang artinya dekat, dan *chronos* berarti waktu, dan melihat kenyataannya bahwa jaringan PDH jalan dimana sebagian jaringan dalam keadaan tidak betul-betul sinkron dalam pewaktu (clock) [3].

Teknologi PDH ini didasarkan kepada E1 dan T1 interfis yaitu standar teknologi digital TDM *(Time Division Multiplexing*) ITU G703. Teknologi ini memungkinkan pentransmisian secara bersama-sama beberapa kanal suara dan data pada media transmisi yang sama. Standar E1 kebanyakan digunakan di Eropa dan beberapa negara Asia sedangkan T1 dipakai di Amerika dan juga Asia. E1/T1 biasanya menghubungkan antar PABX's dan CO's. Bandwidth yang tersedia di bagi-bagi dengan basis time-slot. TDM menjadi suatu metoda multiplexing yang sangat murah yang dapat digunakan sebagai interkoneksi *(trunking*) antar sentral switching digital. Sistem TDM yang disebutkan diatas adalah sistem multiplexing dengan t*ime slot* yang tetap (*fixed time slot division multiplexing*) dimana masing-masing kanal telah di tentukan kedudukannya pada time slot-time slot dengan cara dipindai secara berulang-ulang [4] [5].

2.2.1 Perangkat Branching 2Mbit/s

Salah satu perangkat PDH yang digunakan pada perancangan model infrastruktur telekomunikasi ini adalah perangkat Branching (pencabangan) 2 Mbit/s, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2 dibawah.

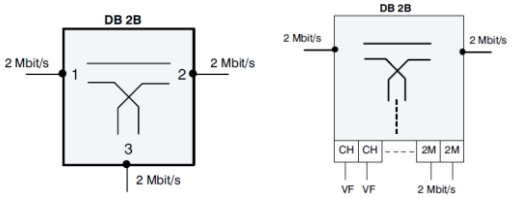


Gambar 2: Blok diagram jaringan pencabangan
Sumber: Nokia Dynanet

Dengan menggunakan sistem pencabangan ini, biaya transmisi dan perangkat multiplexer dengan konfigurasi rantai (*chain*) atau pohon *(tree*) dapat ditekan. Dengan perangkat pencabangan ini, kanal-kanal suara (*voice channels*) dari *tributary* 2Mbit/s dapat didistribusikan sepanjang rantai, yaitu 30 kanal dari struktur frame 2 Mbit/s yang dapat dicabangkan.
Kanal-kanal terhubung lurus pada setiap titik percabangan dalam format digital tanpa melepas struktur framenya. Hal ini memungkinkan konstruksi jaringan rantai digital dimana konversi A/D tidak diperlukan lagi karena sinyal sudah sepenuhnya dalam format digital. Dengan cara ini, unjuk kerja kanal pada sistem PCM standar 2 Mbit/s tetap terjaga dengan baik.

2.2.1.1 Branching 2 Mbit/s DB 2B NOKIA

DB 2B Nokia, adalah salah satu perangkat pencabangan yang tersedia di pasaran yang digunakan untuk pembangunan model infrastruktur telekomunikasi ini, digunakan dimana sinyal 2 Mbit/s (ITU G. 703/704) terhubung ke perangkat tersebut dari dua arah (cabang utama, interfis 2 Mbit/s 1 dan 2) seperti diperlihatkan pada Gambar 3 dibawah. Kanal 64 kbit/s dipisahkan dari sinyal 2 Mbit/s, dan frame 2 Mbit/s baru dibangkitkan untuk pencabangan dibawahnya. Kanal yang terkoneksi dengan pensinyalan *(signaling*) yang dibawa pada *time slot* TS 16 biasanya dicabangkan dengan cara yang sama. Demikian pula halnya dengan time slot 64 kbit/s, nx8 kbit/s, nx32 kbit/s dan nx64 kbit/s dapat ditentukan untuk pencabangan.



Gambar 3: Diagram DB 2B dengan interfis kanal VF
Sumber: Nokia Dynanet

Kanal-kanal dapat dicabang dari kedua arah cabang utama tanpa pembatasan. Jenis pencabangan adalah sebagai berikut:

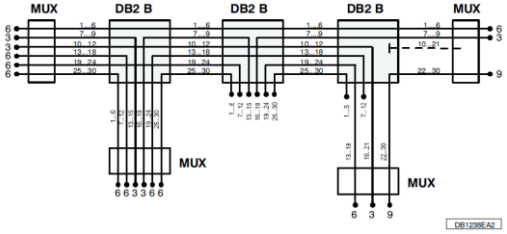
- Koneksi langsung antara interfis 1 dan 2
- Pengaturan kanal antara interfis 1 dan 2
- Pencabangan pada arah 1 – 3
- Pencabangan pada arah 2 – 3

Contoh, pencabangan 1 – 3 didefinisikan sebagai berikut:

Tabel 1: Penentuan time slot dan arah

Time slot	Arah 1	Arah 2
B1	11 - 18	1 - 8

Jadi dapat dilihat dari contoh diatas bahwa sangat memungkinkan untuk mengubah lokasi kanal (time slot) dalam struktur frame kaitannya dengan pencabangan. Kanal yang diturunkan *(drop*) dari arah1 dengan cepat dapat diambil alih untuk digunakan pada arah transmisi yang berikutnya (arah2). Kanal-kanal dapat dicabangkana ke dua arah (*drop/insert*), lihat Gambar 4 dibawah, Jika diinginkan, *time slot* dapat diubah ketika mentranfer dari satu interfis ke interfis yang lainnya.



Gambar 4: *Drop* dan *insert* kanal
Sumber: Nokia Dynanet

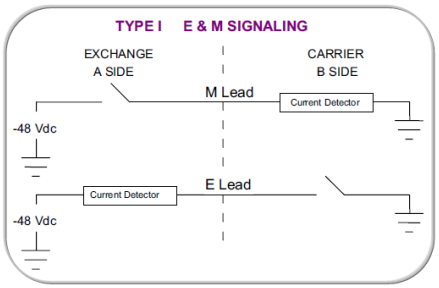
2.3 Pensinyalan E&M

Sistem pensinyalan yang dapat digunakan untuk jarak jauh (*long distance)* dan umumnya digunakan untuk mengtrunking sentral penyambungan (PBX). Sistem ini bekerja melalui dua kaki pensinyalan yang terpisah dimana secara elektrik kaki pensinyalan ini betul-betul terpisah dengan sirkuit percakapannya. Dua kaki pensinyalan ini dikenal sebagai E&M dimana E adalah "Earth" dan M adalah "magneto" tetapi lebih populer disebutkan E adalah "Ear" dan M adalah "Mouth". Sinyal DC dikirim pada kaki M dan diterima pada kaki E. Walaupun sistem pensinyalan ini sering disebut sebagai pensinyalan E&M perlu dicatat bahwa sistem ini bisa jadi tidak selalu kompatibel dengan tipe lain dari sistem E&M yang ada [6].

Secara umum sistem pensinyalan E&M ini termasuk standar internasional dan memiliki 4 varian sebagai berikut:

2.3.1 Pensinyalan E&M Tipe I Orisinal

Sirkit E&M yang asli (original) diperlihatkan seperti Gambar 5 dibawah.

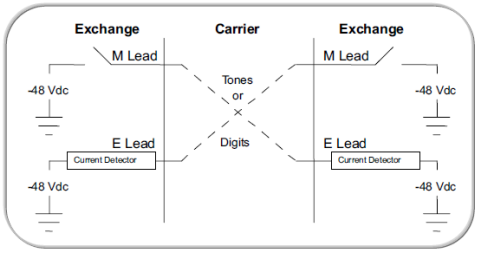


Gambar 5: Skematik pensinyalan E&M asli
Sumber: Loop Telecom

Tegangan sumber -48 V untuk kedua kaki E dan kaki M berada pada sisi sentral. Pada sisi carrier, pendeteksi arus pada kaki M, yang dikontrol oleh saklar pada sisi sentral, menghasilkan sinyal tone 2600 Hz yang dikirim untuk *analog carrier* atau menset bit A pada *digital carier*. Pada sisi sentral, pendeteksi arus pada kaki E, menghasilkan sinyal tone 2600 Hz yang diterima, atau A bit yang

memperjelas bahwa sentral penyambungan disisi jauh telah mengirim arus pada kaki M.

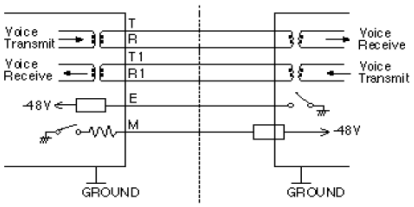
Pada sirkuit ujung ke ujung (*end-to-end circuit*), mengirim arus pada kaki M pada ujung dekatnya (*near end*) menghasilkan deteksi arus pada kaki E di ujung jauhnya (*far end*). Dengan cara ini, dua buah sentral penyambungan (PBX) masing-masing dapat saling men ”sinyal”, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6 dibawah.



Gambar 6: Sirkuit pensinyalan E&M untuk mentrunking dua buah sentral penyambungan
Sumber: Loop Telecom

Sirkuit E&M digunakan juga pada hubungan tandem dari dua carrier, untuk menghindari kebingungan dalam membedakannya, sisi sentral dan sisi carrier disebut sisi A dan sisi B. Untuk sistem carrier, sisi B adalah sisi normal, sementara sisi A digunakan dalam hubungan tandem. Pada sirkuit 4 kawat (4 wire), kawat T dan R (*Tip and Ring*) ditujukan sebagai pasangan kawat untuk mentransmisikan sinyal suara (*voice*) dari PBX (exchange) ke carrier. Kawat T1 dan R1 ditunjukan sebagai sepasang kawat untuk penerima seperti diilustrasikan pada Gambar 7. dibawah.

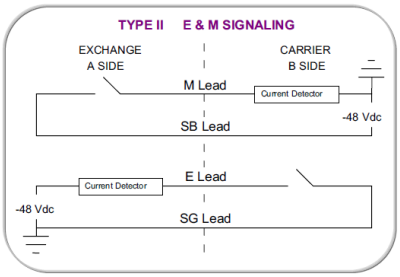
Exchange (PBX) Carrier



Gambar 7: Sirkuit 4 Wire E&M
Sumber: Panasonic PBX manual

2.3.2 Pensinyalan E&M Tipe II

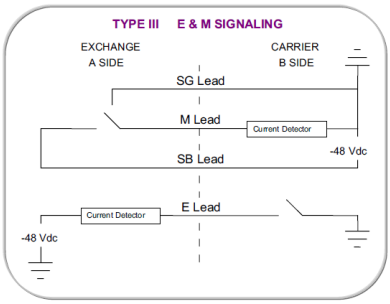
Sebagai pengembangan dari sirkuit E&M tipe I orisinal, dirancang pensinyalan E&M Tipe II yang dimaksudkan untuk mengurangi *ground noise*, seperti ditunjukan pada Gambar 8 dibawah. Rancangan ini mempersyaratkan sisi B, sisi carrier, untuk mensuplai batere. Kaki yang ditandai dengan SB artinya “*signal to battery*”, sementara SG adalah “*signal ro ground*”.



Gambar 8: Sirkuit pensinyalan E&M tipe II
Sumber: Loop Telecom

2.3.3 Pensinyalan E&M Tipe III

Pada varian E&M Tipe III seperti diperlihatkan pada Gambar 9 dibawah.

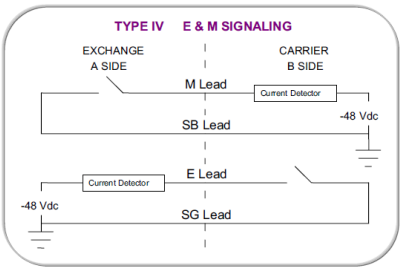


Gambar 9: Sirkuit pensinyalan E&M Tipe III
Sumber: Loop Telecom

Kaki SG yang digunakan dipindahkan untuk melayani pelepasan muatan untuk kaki M. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi waktu tunda yang disebabkan oleh gabungan dari (a) detektor arus kecil elektronik, dan (b) kaki E&M yang panjang. Karena arus ground pada E kembali akan menyebabkan noise. Oleh sebab itu, sirkuit pensinyalan E&M Tipe III ini jarang digunakan.

2.3.4 Pensinyalan E&M Tipe IV

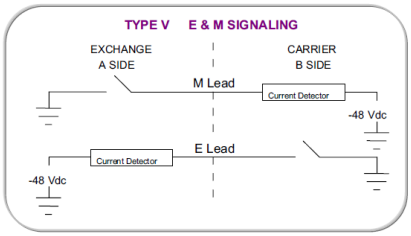
Sirkuit E&M tipe IV seperti Gambar 10 ini menyediakan kesimetrian. Mulai dari sirkuit tipe II, pada sisi B, batere dan *ground* saling bertukar sehingga sirkuit M sekarang menjadi bayang cerminan sirkuit E, menghasilkan pesinyalan tipe IV. Dengan cara ini, hubungan tandem *carrier* dapat menggunakan sirkuit E&M yang sama. Hubungan seperti itu sering terjadi pada *trunk* yang terdiri dari sebuah saluran kaki *carrier* dalam tandem dengan *sebuah wireless carrier*. Kabel *cross over* menginterkoneksi dua *carrier*. Walaupun masih berlabel SB, kaki ini sekarang terthubung ke ground (*ground*), seperti kaki SG.



Gambar 10: Sirkuit pensinyalan E&M Tipe IV
Sumber: Loop Telecom

2.3.5 Pensinyalan E&M Tipe V

Akhirnya untuk sirkuit dimana *ground noise* bukan lagi menjadi isu, tetapi kesimetrian tetap diinginkan, kaki SB dan SG dapat dieliminasi dan menghasil pesinyalan E&M tipe V seperti yang diperlihatkan pada Gambar 11. Pada sirkuit ini, seperti pada tipe IV, sisi A dan B adalah simetri, memungkinkan untuk operasi tandem. Pada tempat dimana carrier bertemu, jumlah hubungan biasanya cukup kecil dan tidak menghasilkan *ground noise.*



Gambar 11: Sirkuit pensoinyalan E&M Tipe V
Sumber: Loop Telecom

3. TUJUAN DAN MANFAAT

Penelitian ini menghasilkan luaran yaitu:

- Sebuah model infrastruktur jaringan PDH standar ITU G.703 skala laboratorium yang dapat digunakan sebagai *indoor testbed* skala kecil untuk tujuan pengujian perangkat hasil rancang bangun atau untuk penelitian lanjut.

- Buku petunjuk pengoperasian dan perawatan sistem infrastruktur jaringan PDH yang dapat digunakan juga sebagai bahan ajar praktikum.

4. METODE PENELITIAN

Metode perancangan dan implentasi infrastruktur telekomunikasi ini didasarkan pada 4 tahapan pekerjaan sebagai berikut:

Tahap 1: Persiapan
Pada tahap persiapan ini terdiri dari kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

- Inisiasi
- Melibatkan kegiatan-kegiatan kajian teknologi, studi literature, mencari informasi tambahan melalui browsing internet disamping textbook yang tersedia.
- Pendefinisian dan identifikasi masalah
- Melibatkan kegiatan-kegiatan diskusi antar tim, pembuatan komitmen sekaligus pembagian tugas antara ketua dan anggota peneliti serta tenaga pembantu lainnya, mengumpulkan informasi dan data-data teknis yang dibutuhkan, kajian buku petunjuk, teknologi yang akan digunakan, dan lain-lain.
- Penentuan spesifikasi
- Menentukan spesifikasi perangkat *hardware* dan *software* yang akan digunakan untuk membangun infrastruktur jaringan telekomunikasi ini.

Tahap 2: Perancangan
Pada tahap ini adalah tahap yang paling penting dalam membuat detil perancangan atau *Detail Engineering Design* (DED) dimana konsep perancangan, spesifikasi dan persyaratan sistem (*system requirement*) harus sudah dapat didefinisikan. Keluaran pada tahap ini ialah gambar detail desain atau *Detail Design Drawing* (DDD) yang sudah disetujui bersama oleh tim peneliti.

Tahap 3: Implementasi
Pada tahap ini berdasarkan hasil detil perancangan (*Detail Engineering Design*) yaitu kemudian diimplementasikan kedalam bentuk infrastruktur jaringan dimana semua perangkat *hardware* dan *software* diintegrasikan secara keseluruhan menjadi sebuah model infrastruktur jaringan telekomunikasi yang sesungguhnya.

Tahap 4: Pengujian dan Evaluasi
Pada tahap ini, infrastruktur yang sudah dibangun akan diuji dan dievaluasi. Pengujian melibatkan uji fungsional dan uji unjuk kerja infrastruktur jaringan tersebut.

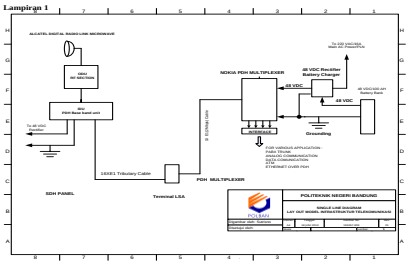
5. PERANCANGAN

Konsep perancangan infrastruktur telekomunikasi berbasis teknologi PDH ini didasarkan pada kebutuhan layanan yang harus disediakan sebagaimana telah diungkapkan pada pendahuluan diatas. Kebutuhan layanan yang disediakan dalam rancangan infrastruktur ini adalah untuk layanan komunikasi suara (telepon) dan komunikasi data. Infrastruktur PDH berbasis teknologi TDM PCM dimana kapasitas transmisi untuk linfrastruktur telekomunikasi yang dirancang ini adalah 2 Mbit/s yang setara dengan 30 kanal suara (30 *voice channels*) atau 30 time slot yang tersedia untuk kebutuhan layanan komunikasi suara atau komunikasi data. Dari 30 kanal tersebut direncanakan untuk berbagai layanan sebagai berikut:

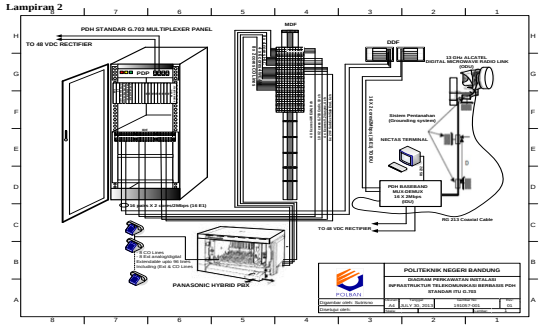
- 10 kanal untuk layanan komunikasi data menggunakan interfis G.703 64 kbit/s codir.
- 4 kanal untuk layanan komunikasi via interfis v.24, v.28 19,6 kbit/s sync dan async.
- 8 kanal untuk trunking PBX menggunakan interfis VF 4Wire E&M 8 ch.

- 4 kanal untuk Plain Old Telephone System (POTS) via interfis VF sub exchange & subend.

Jadi total 28 kanal atau 28 time slot sudah dapat digunakan untuk masing-masing kebutuhan layanan, berarti masih ada tersisa 2 time slot dari 30 time slot. Penetapan jumlah kanal/layanan didasarkan kepada ketersediaan interfis di pasar.
Rancangan Detil Teknis (*Detail Engineering Design*) seperti ysng diperlihatkan pada Gambar12 dan 13.



Gambar 12: blok diagram rancangan infrastrukur telekomunikasi.



Gambar 13: Single line diagram rancangan infrastruktur telekomunikasi

6. PEKERJAAN UNTUK WAKTU KE DEPAN (FUTURE WORK)

Perlu dipertimbangkan untuk mengembangkan model infrastruktur ini menjadi infrastrukur dengan skala yang lebih besar, luas sehingga menjadi sebuah *testbed* yang realistis dengan kondisi kerja/praktis dilapangan.

7. HASIL PENGUJIAN

Pengujian dan evaluasi merupakan tahap terakhir dalam penelitian ini dimana model infrastruktur telekomunikasi PDH yang telah dibangun akan diuji dan dievaluasi utilitas dan unjuk kerjanya mengacu kepada *error performance objectives* standar G.821, G.826. Rekomendasi penting *error performance objectives* berdasarkan ***Appplication note: ITU error performance recommendation*** adalah sebagai berikut [8]:

a) Recommendation G.821: Error performance of an international connection operating at bit rate below the primary rate and forming part of an integrated service digital network (ISDN).
b) Recommendation G.826: error performance and objectives for international, contant bit rate digital paths and connection

Hasil pengukuran error performance objectives G.821, G.826 ditunjukan pada Tabel 2 dan 3 . Pengukuran menggunakan ACTERNA DATA TESTER EDT-135

Tabel 2: Hasil pengukuran error performance objectives G.821 untuk basic rate 64 kbit/s.

Parameter	Unit	Hasil
Bit Error Rate,BER		$<10^{-9}$
Error free second, EFS	Sec/%	60/100 (pass)
Error seconds, ES	Sec/%	0/0 (pass)
Severe error second, SES	Sec/%	60/100 (pass)
Available time, AT	Sec/%	60/100 (pass)
Unavailable time, UT	Sec/%	0/0 (pass)

Tabel 3: Hasil pengukuran error performance objectives G.821 untuk primary rate 2 Mbit/s.

Parameter	Unit	Hasil
Bit Error Rate, BER		$<10^{-9}$
Error free second, EFS	Sec/%	60/100 (pass)
Error seconds, ES	Sec/%	0/0 (pass)
Severe error second, SES	Sec/%	60/100 (pass)
Available time, AT	Sec/%	60/100 (pass)
Unavailable time, UT	Sec/%	0/0 (pass)

8. KESIMPULAN

Model infrastruktur telekomunikasi berbasis teknologi PDH standar ITU G.703 telah berhasil dirancang, diimplementasikan dan diuji dengan hasil yang baik. Sebagai aplikasi layanan yang dibangun adalah komunikasi suara (telepon) dimana dua unit PBX diinterkoneksikan (trunking) via interfis 4W E&Myang secara geografis berada pada tempat yang terpisah telah berhasil juga diterapkan dengan baik.

9. DAFTAR PUSTAKA

[1] Esmailzadeh Riaz, Broadband Wireless
[2] Communication Bussiness, John Willey & Son , 2008
[3] Ian Foster and Carl Kesselman, *The Grid 2*,
[4] *Blueprint for a new computing infrastructure*, Morgan Kaufman, 2004
[5] Andy Valdar, Understanding
[6] Telecommunications Networks, John Willey & Son,2006,
[7] Forouzan Behrouz.F, Data Communication
[8] and Network, Third edition, McGrawHill,2003
[9] Halsal Fred, Multi media Communication:
[10] Application, Protocols, and Standard, Addision-Wesley, 2001
[11] Richard J Manterfield, Common Channel

[12] Signalling, Peter Peregrinus Ltd, London, United Kingdom,1991
[13] [Reinaldo Perez,Wireless Communication
[14] Design handbook, Academic Press, 1998
[15] ITU-T Publications,2010
[16] Application note ITU-T Error Performance
[17] Recommendation in Digital Transmission System