

**KAJIAN KEBERKESANAN PENGGUNAAN ETHERNET DALAM
SISTEM PENGAUTOMATAN PENCAWANG**

MOHD HAKIMI BIN ZOHARI

**DISERTASI YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN
DARIPADA SYARAT MEMPEROLEH IJAZAH SARJANA
KEJURUTERAAN**

JABATAN KEJURUTERAAN ELEKTRIK, ELEKTRONIK DAN SISTEM

FAKULTI KEJURUTERAAN

UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA

BANGI

2005

PENGHARGAAN

Terlebih dahulu, saya ingin mengucapkan setinggi-tinggi penghargaan dan jutaan terima kasih kepada penyelia projek saya yang dihormati, Prof. Dr. Azah Mohamed atas segala nasihat, tunjuk ajar dan bantuan yang telah dihulurkan beliau dalam menjayakan projek ini.

Di samping itu, saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada ibu bapa saya iaitu Hj. Zohari b. Muda dan Hj. Azizon bt. Abdullah dan juga adik-adik saya kerana telah banyak memberi sokongan dan dorongan terhadap saya selama ini.

Tidak lupa juga ucapan terima kasih ini saya tujukan buat rakan-rakan seperjuangan yang telah banyak memberikan idea dan dorongan sepanjang tempoh saya menyiapkan tesis ini.

Akhir sekali, ucapan terima kasih saya ini saya tujukan kepada semua pihak yang terlibat dalam menghasilkan projek tesis ini sama ada secara langsung atau tidak langsung. Segala nasihat dan sokongan yang tidak berbelah bahagi amatlah dihargai. Sekian, terima kasih.

MOHD. HAKIMI BIN ZOHARI

P31061

ABSTRAK

Pada masa kini, penggunaan tenaga adalah amat penting dalam kehidupan manusia dan tenaga yang digunakan dalam kehidupan seharian seperti tenaga elektrik melibatkan sistem pengagihan kuasa yang kompleks. Pencawang merupakan tempat di mana tenaga elektrik digabungkan, diagihkan atau ditukar kepada bentuk tenaga lain. Sistem pengautomatan pencawang dibina untuk memantau dan melindungi peralatan elektrik yang penting dalam sesebuah sistem agihan kuasa. Sistem pengautomatan pencawang turut berperanan untuk melaksanakan tugas-tugas pentadbiran dan pengurusan seperti konfigurasi pencawang, pengurusan komunikasi dan pengurusan perisian yang digunakan di pencawang. Proses komunikasi dalam sistem pengautomatan ini menggunakan rangkaian berasaskan Ethernet yang merupakan jenis piawai rangkaian yang wujud dalam teknologi masa kini. Teknologi Ethernet dipilih kerana rangkaian berasaskan ethernet mempunyai banyak faedah dan kelebihan yang tersendiri seperti kos pelaksanaan yang rendah, kerap digunakan dalam rangkaian masa kini dan perkembangan pesat teknologi Ethernet. Projek ini dilakukan untuk mengkaji keberkesanan penggunaan Ethernet dalam sistem pengautomatan pencawang samada ianya dapat memenuhi keperluan keadaan trafik biasa dan sibuk. Kajian ini menimbangankan Ethernet biasa sebagai asas rangkaian dan UDP sebagai protokol penghantaran. Untuk menentukan keberkesanan Ethernet, perisian *Network Simulator 2* telah digunakan sebagai platform untuk pemodelan rangkaian dalam sistem pengautomatan pencawang. Hasil daripada simulasi yang dilakukan, paparan dari *Network Animator* dan fail penganalisis (*tracefiles*) telah diperolehi. Kajian dilakukan terhadap kedua-duanya dan kesimpulan yang diperolehi adalah Ethernet biasa tidak dapat menampung keadaan trafik sibuk dalam rangkaian sistem pengautomatan pencawang.

ABSTRACT

Presently, energy utilization has become very important in our daily life and electrical energy that is used involves a complex power distribution system. A substation is an installation where electric power is combined, split or transformed. Substation automation is dedicated to the monitoring and protection of primary equipments in a substation and its associated feeders. In addition, substation automation system has administrative duties such as configuration, communication management and software management. The communication technology for substation automation currently in use is by Ethernet because it offers several advantages such as high speed properties, its dominant in the local area network and cost efficient. The objective of the project is to investigate whether Ethernet has sufficient performance characteristics to meet the real-time demands of substation automation that is whether large amount of substation data can be handled by the Ethernet. Performance evaluation is carried out with respect to classical Ethernet and UDP/IP as the time protocol. The method is by simulating the whole network based on network simulator 2 software to model the data nodes and the network traffic for both normal and abnormal traffic situations. From the simulations that have been done, the results were Network Animator simulation and tracefiles. By studying the results, conclusion is classical Ethernet cannot meet the requirements for busy conditions in substation automation system.

KANDUNGAN

	HALAMAN
PENGAKUAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KANDUNGAN	vi
SENARAI RAJAH	ix
SENARAI LAMPIRAN	xi
BAB 1 PENGENALAN	
1.1 Latar Belakang Kajian	1
1.2 Pernyataan Masalah	2
1.3 Objektif Kajian Dan Skop Kerja	4
BAB 2 TINJAUAN KEPERPUSTAKAAN	
2.1 Sistem Pengautomatan Pencawang	6
2.2 Pengautomatan Sistem Kuasa	8
2.2.1 Peranti elektronik pintar	10
2.3 Perihal Ethernet	14
2.3.1 Sejarah Ethernet	14
2.3.2 Elemen rangkaian Ethernet	15
2.3.3 Struktur dan topologi Ethernet	15
2.3.4 Format asas kerangka Ethernet	17
2.4 Kesibukan LAN	19
2.4.1 Langkah-langkah mengatasi masalah kesibukan LAN	20
2.4.2 Masa lengah dalam pencawang	21
BAB 3 PERIHAL PERISIAN NETWORK SIMULATOR 2	
3.1 Pengenalan	23
3.2 Perisian Network Simulator 2	24
3.2.1 Arkitektur NS2	25

3.2.2	Simulator utama	27
3.2.3	Emulator	27
3.2.4	Perisian tambahan	28
3.2.5	Ujian penggunaan NS2	29
3.3	Pengaturcaraan NS2	31
3.3.1	Definisi untuk sambungan dan nod dalam rangkaian	33
3.3.2	Agen dan aplikasi penjana data	33
3.3.3	Penjadualan aktiviti dalam NS2	35
BAB 4	METODOLOGI	
4.1	Pemodelan Sistem Pengautomatan Pencawang	37
4.1.1	Model rangkaian bagi sistem pengautomatan pencawang	38
4.1.2	Data bagi model rangkaian dalam sistem pengautomatan pencawang	41
4.1.3	Masa lengah dan fail pengesan (<i>tracefiles</i>)	42
4.2	Pemodelan Rangkaian Mudah	44
4.2.1	Aturcara untuk pemodelan rangkaian mudah	45
4.2.2	Penggunaan dua trafik dari penjana data CBR	47
4.3	Pemodelan Rangkaian Dua Peringkat	48
4.3.1	Aturcara untuk pemodelan rangkaian dua peringkat	49
4.3.2	Penggunaan dua trafik dari penjana data CBR	52
BAB 5	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	
5.1	Keputusan Simulasi	53
5.2	Paparan NAM Yang Diperolehi	55
5.2.1	Paparan NAM bagi pemodelan rangkaian mudah	55
5.2.2	Paparan NAM bagi penggunaan dua penjana data CBR	57
5.2.3	Paparan NAM bagi pemodelan rangkaian dua peringkat	58
5.2.4	Paparan NAM bagi penggunaan dua penjana data CBR	60
5.3	Fail Pengesan Yang Dihasilkan Dari Simulasi	61
5.3.1	Keputusan untuk pemodelan rangkaian mudah	62
5.3.2	Penggunaan dua penjana data CBR	64
5.3.3	Keputusan untuk pemodelan rangkaian dua peringkat	65
5.3.4	Penggunaan dua penjana data CBR	66
5.4	Perbincangan	68

BAB 6	KESIMPULAN DAN CADANGAN	
6.1	Kesimpulan	70
6.2	Masalah-masalah Yang Dihadapi	71
6.3	Cadangan-cadangan Pada Masa Hadapan	73
RUJUKAN		74
LAMPIRAN		
	LAMPIRAN A	75
	LAMPIRAN B	81



SENARAI RAJAH

RAJAH	HALAMAN	
2.1	Sistem pengautomatan pencawang pada awal pengenalannya	7
2.2	Sistem pengautomatan pencawang moden yang menggunakan antaramuka antara paras <i>bay</i> dan paras proses	8
2.3	Transformer instrumentasi	11
2.4	Perakam gangguan digital	12
2.5	Pengawal logik boleh aturcara dan komputer	13
2.6	Hubungan titik ke titik	16
2.7	Topologi bas	16
2.8	Topologi bintang	17
2.9	Format kerangka data bagi IEEE 802.3	19
2.10	Segmentasi LAN dengan menggunakan <i>router</i>	21
3.1	Arkitektur umum bagi <i>Network Simulator 2</i>	25
3.2	Prosedur untuk menterjemahkan arahan dari OTcl ke C++	26
4.1	Model rangkaian bagi sistem pengautomatan pencawang	39
4.2	Contoh topologi rangkaian untuk simulasi	40
4.3	Format fail pengesan (<i>tracefiles</i>)	42
4.4	Model rangkaian mudah	44
4.5	Penggunaan dua trafik dari penjana data CBR	48
4.6	Model rangkaian dua peringkat	49
4.7	Penggunaan dua trafik dari penjana data CBR	52
5.1	Paparan NAM bagi model rangkaian mudah untuk trafik keadaan normal	56
5.2	Paparan NAM bagi model rangkaian mudah untuk trafik keadaan sibuk	57
5.3	Paparan NAM bagi penggunaan dua trafik dari penjana data CBR untuk trafik keadaan sibuk	58

5.4	Paparan NAM bagi model rangkaian dua peringkat mudah untuk trafik keadaan normal	59
5.5	Paparan NAM bagi penggunaan dua trafik dari penjana data CBR untuk trafik keadaan sibuk	60
5.6	Paparan NAM bagi penggunaan dua trafik dari penjana data CBR untuk trafik keadaan sibuk	61
5.7	Fail pengesanan untuk rangkaian mudah trafik keadaan normal	62
5.8	Fail pengesanan untuk rangkaian mudah trafik keadaan sibuk	63
5.9	Fail pengesanan untuk penggunaan dua trafik dari penjana data CBR	64
5.10	Fail pengesanan untuk rangkaian dua peringkat trafik keadaan normal	65
5.11	Fail pengesanan untuk rangkaian dua peringkat trafik keadaan sibuk	66
5.12	Fail pengesanan untuk penggunaan dua trafik dari penjana data CBR	67



SENARAI LAMPIRAN

Lampiran A : Aturcara Bagi Penggunaan Dua Aplikasi Penjana Data CBR

Lampiran B : Aturcara Skrip AWK Untuk Mengira Masa Lengah



BAB 1

PENGENALAN

1.1 LATAR BELAKANG KAJIAN

Pada masa kini, penggunaan tenaga adalah amat penting dalam kehidupan manusia dan teknologi untuk pengagihan tenaga semakin berkembang pesat. Tenaga yang digunakan dalam kehidupan seharian seperti tenaga elektrik adalah melibatkan sistem pengagihan tenaga yang kompleks. Sistem ini terdiri daripada pencawang, kabel, grid, dan sebagainya. Pencawang merupakan tempat di mana tenaga elektrik digabungkan, dipecahkan atau ditukar kepada bentuk tenaga lain. Pencawang adalah bahagian penting dalam sistem pengagihan dan kebiasaannya berkait rapat dengan sistem pengautomatan pencawang. Sistem pengautomatan digunakan dalam pencawang untuk melancarkan lagi proses pengagihan tenaga supaya lebih cekap.

Sistem pengautomatan pencawang dibina untuk memantau dan melindungi peralatan penting dalam sesebuah pencawang. Pemantauan ini penting untuk melicinkan proses pengagihan tenaga dan mengesan secara awal kemungkinan kerosakan yang berlaku pada peralatan yang ada di pencawang. Sistem pengautomatan pencawang turut berperanan untuk melaksanakan tugas-tugas pentadbiran dan pengurusan seperti konfigurasi pencawang, pengurusan komunikasi dan pengurusan perisian yang digunakan di pencawang. Sistem ini terbahagi kepada tiga peringkat, iaitu peringkat proses, peringkat penghubung dan peringkat stesen. Setiap peringkat mempunyai fungsi-fungsi yang tertentu dan menjadi tunjang fungsi utama sistem ini (Skeie et al 2002).

Proses dalam sistem pengautomatan pencawang menggunakan rangkaian berasaskan Ethernet yang merupakan jenis piawai rangkaian yang wujud dalam teknologi masa kini. Ethernet digunakan sebagai protokol rangkaian dalam sistem perhubungan yang terdapat dalam sistem pengautomatan ini. Teknologi Ethernet dipilih kerana rangkaian berasaskan Ethernet mempunyai banyak faedah dan kelebihan iaitu ialah keperluan kos yang rendah untuk pelaksanaan piawai ini, banyak digunakan dalam rangkaian masa kini dan teknologi Ethernet juga sedang berkembang dengan pesat. Sehubungan dengan itu, Ethernet adalah bersesuaian untuk dilaksanakan dan dipasang dalam sistem pengautomatan pencawang ini. Walaubagaimanapun, pelaksanaan rangkaian berasaskan Ethernet ini juga boleh memberikan impak yang samada baik atau buruk bergantung kepada teknologi atau jenis piawai Ethernet yang digunakan.

Ethernet digunakan dalam sistem pengautomatan pencawang kerana syarikat penajaan dan penghantaran kuasa ingin mengurangkan kos-kos tertentu seperti penyelenggaraan peralatan lama dan juga untuk tujuan piawai. Penggunaan Ethernet membolehkan konsep satu rangkaian sahaja dilaksanakan yang meliputi keseluruhan sistem pengautomatan pencawang. Walaubagaimanapun, proses komunikasi data dalam pencawang ini memerlukan rangkaian yang berasaskan Ethernet untuk menghadapi cabaran-cabaran seperti penghantaran sampel-sampel data dari pengesan kepada alat perlindungan dan penghantaran isyarat pintas dengan pantas dan tepat.

1.2 PENYATAAN MASALAH

Sistem pengautomatan pencawang mempunyai pelbagai jenis komunikasi data seperti penghantaran data pengukuran, penghantaran isyarat-isyarat dari peralatan dan pemindahan fail dari pelayan. Dalam sistem tersebut, bahagian paling kritikal dan penting adalah penghantaran data dari sensor ke pemutus litar. Masa lengah bagi penghantaran data tersebut hendaklah sentiasa rendah dan tidak terganggu oleh penghantaran data yang lain seperti muat turun fail dari pelayan atau sebagainya. Untuk menentukan keberkesanan Ethernet dalam penghantaran ini, pemerhatian terhadap masa lengah bagi paket data diperhatikan. Selain itu, jika terdapat paket data yang tidak sampai ke destinasi

maka boleh dikatakan bahawa rangkaian tidak dapat memenuhi kehendak penghantaran data. Apabila paket data tidak tiba ke destinasi yang dikehendaki, ini menyebabkan maklumat penting tidak dapat sampai kepada mereka yang bertanggungjawab dalam sistem pengautomatan pencawang. Penghantaran data dalam sistem pengautomatan pencawang pula mesti memenuhi ciri-ciri seperti berikut:-

- i) Terdapat tiga set pengukuran bagi setiap titik pengukuran kerana berkaitan dengan ciri-ciri kuasa tiga fasa.
- ii) Jumlah titik pengukuran mestilah sebanyak 8 hingga 12 titik pengukuran.
- iii) Data pengukuran mesti dihantarkan ke banyak destinasi secara serentak.
- iv) Selain daripada data pengukuran, data pentadbiran, data pintas, data penghantaran fail-fail juga boleh dicerap.

Untuk kes yang paling teruk, jumlah data yang dapat dihantarkan melalui rangkaian dalam sistem pengautomatan pencawang adalah lebih besar daripada jumlah data yang dapat dihantar jika menggunakan Fast Ethernet. Ini seolah-olah menunjukkan bahawa Ethernet tidak dapat menjalankan tugas sebagai bas komunikasi atau saluran penghantaran data. Walaubagaimanapun, Ethernet masih dapat memberikan beberapa kelebihan bergantung kepada penukaran dalam teknik penghantaran data. Contohnya adalah seperti berikut:-

- i) Menghantar data pengukuran kepada pelbagai destinasi secara serentak pada masa yang sama (*multicasting*). Cara ini dapat mengurangkan jumlah data kepada 30 Mbps (Skeie et al 2002).
- ii) membenarkan hanya satu nod pengukuran untuk menghantar data pengukuran tiga fasa disebalik menggunakan tiga nod. Ini boleh mengurangkan jumlah data kepada 50 Mbps.

- iii) Menggunakan switched Fast Ethernet. Walau bagaimanapun cara ini tidak mengurangkan jumlah data tetapi boleh meningkatkan jalur lebar untuk penghantaran data.
- iv) Menggunakan Gigabit Ethernet. Kaedah ini dapat menyediakan jalur lebar yang besar dan mencukupi untuk penghantaran data dengan mudah sekali tetapi kaedah memerlukan kos yang tinggi dan mahal.

1.3 OBJEKTIF KAJIAN DAN SKOP KERJA

Matlamat projek ini adalah untuk mendapatkan hasil dan keputusan samada Ethernet mempunyai ciri-ciri dan keupayaan untuk memenuhi keperluan dan permintaan di dalam sesebuah pengautomatan pencawang. Untuk itu di akhir projek ini, kesimpulan samada Ethernet berjaya atau tidak memenuhi ciri-ciri tersebut dapat digunakan untuk kajian-kajian yang lain. Antara objektif projek adalah:-

- i) Untuk mengkaji dan menentukan samada Ethernet mempunyai ciri-ciri dan keupayaan untuk memenuhi keperluan penghantaran data dalam sesebuah pencawang pengautomatan. Penilaian ini dilakukan dengan menggunakan Fast Ethernet sebagai subjek kajian dan berdasarkan UDP/IP sebagai protokol perhubungan dan perpindahan data dalam rangkaian.
- ii) Untuk menentukan samada Ethernet dapat menjalankan fungsinya dengan sempurna samada dalam keadaan trafik penghantaran data yang rendah atau trafik yang tinggi dalam rangkaian di dalam sesebuah pengautomatan pencawang. Ini untuk memastikan samada Ethernet mempunyai keupayaan yang secukupnya untuk menampung sejumlah penghantaran data dalam jumlah yang besar yang biasa terdapat dalam rangkaian di pencawang.

iii) Untuk mengkaji pelbagai jenis dan piawai Ethernet yang dapat digunakan sebagai protokol dalam rangkaian di sesebuah pengautomatan pencawang berdasarkan kepada kos, penggunaan dan keupayaan setiap satu piawai Ethernet tersebut. Dengan itu, jenis piawai Ethernet yang sesuai dan cekap dengan keadaan di sesebuah pencawang dapat ditentukan dengan mengambil kira semua faktor berkenaan.



BAB 2

KAJIAN KEPERPUSTAKAAN

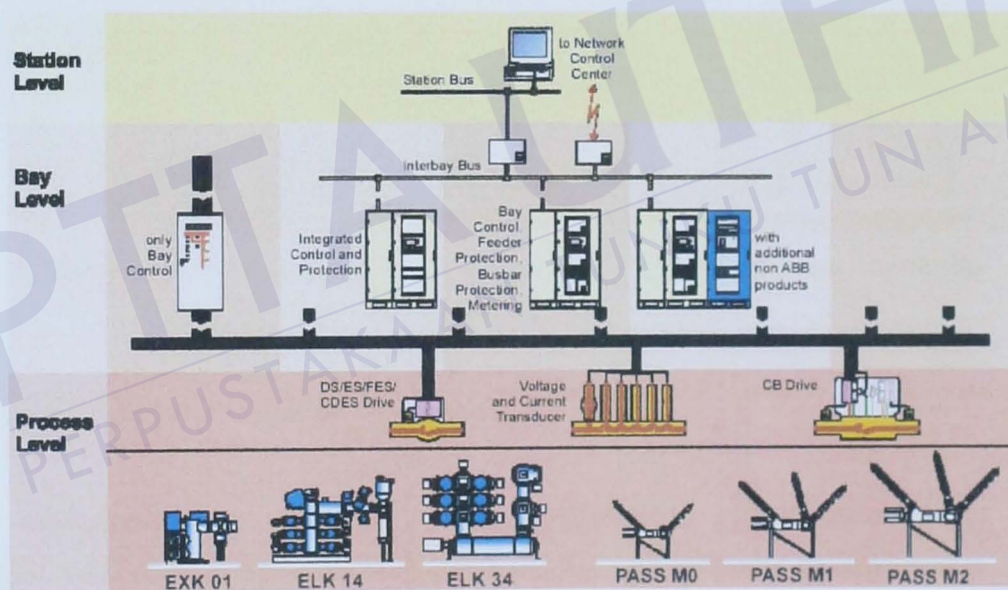
2.1 SISTEM PENGOTOMATISAN PENCAWANG

Sistem pengotomatisan pencawang merupakan sistem yang digunakan bertujuan untuk melaksanakan pemantauan dan perlindungan terhadap peralatan-peralatan di pencawang. Sistem ini turut menjalankan tugas-tugas seperti pengurusan komunikasi, konfigurasi sistem pengotomatisan pencawang serta pengurusan perisian yang digunakan. Sistem pengotomatisan pencawang dalam sistem agihan kuasa telah lama diperkenalkan dan teknologi yang digunakan dalam sistem tersebut semakin maju dan terkini. Ketika mula diperkenalkan, sistem pengotomatisan pencawang ini terdiri daripada tiga peringkat atau bahagian, iaitu bahagian proses, bahagian pengantara dan bahagian stesen. Setiap peringkat tersebut mempunyai fungsi yang tersendiri dan saling bertindak untuk menjalankan fungsi keseluruhan sistem.

Bermula dari peringkat yang terbawah iaitu peringkat proses berfungsi untuk menjadi pengantaramuka peralatan utama dalam sistem. Kebiasaannya di peringkat ini, data-data disampel dan dikumpul untuk mengeluarkan arahan masukan atau keluaran dari stesen kawalan. Manakala peringkat pengantara terletak ditengah-tengah hirarki, dan fungsinya adalah untuk menyelaraskan kawalan dan pengukuran dalam sistem pencawang. Peringkat ini mengandungi stesen-stesen kecil yang merupakan sebahagian daripada keseluruhan pencawang yang lebih besar. Di peringkat paling atas, terdapat peringkat stesen yang menjalankan tugas untuk melindungi dan mengawal pencawang

secara keseluruhannya dan juga bahagian-bahagian pencawang yang lebih besar. Selain itu fungsinya juga sebagai pengantaramuka antara manusia dan mesin yang dihubungkan kepada pusat kawalan utama.

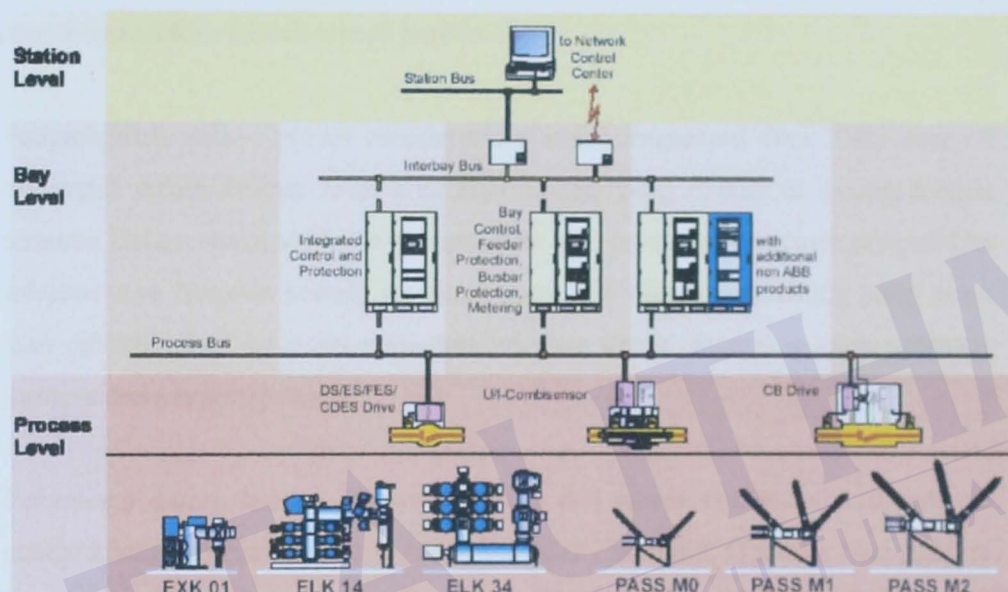
Pada mulanya sistem pengautomatan pencawang ini diperkenalkan, struktur binaannya adalah seperti ditunjukkan dalam Rajah 2.1. Seperti yang diterangkan sebelum ini, terdapat tiga peringkat utama dalam sistem ini yang boleh disusun berdasarkan fungsinya. Rajah 2.1 menunjukkan bahawa sambungan antara peringkat stesen (*station level*) dan peringkat pengantara (*bay level*) menggunakan bas komunikasi. Manakala untuk sambungan kepada peralatan yang ada di peringkat proses menggunakan pengantaramuka piawai berdasarkan penyambungan wayar secara selari.



RAJAH 2.1 Sistem Pengautomatan Pencawang Pada Awal Pengenalannya (Skeie et al 2002)

Perkembangan dan kemajuan dalam teknologi telah membolehkan penciptaan pengesan arus elektronik dan voltan yang terkini untuk digunakan dalam sistem pengautomatan pencawang. Walau bagaimanapun, pengesan ini memerlukan pengantara muka yang berlainan daripada pengantara muka yang sedia ada dalam sistem tersebut. Pengesan berteknologi ini menggunakan mikropemproses dan oleh itu sistem analog perlu digantikan dengan sistem sambungan komunikasi secara digital. Selain daripada itu,

pengenal cip elektronik berasaskan mikroprosesor dalam alatan pensuisan membolehkan sambungan antara peringkat pengantara dan peringkat proses digantikan dengan bas komunikasi seperti ditunjukkan dalam Rajah 2.2. Penggunaan bas komunikasi turut mengurangkan kos kejuruteraan dan tenaga buruh.



RAJAH 2.2 Sistem Pengautomatan Pencawang Moden Yang Menggunakan Antaramuka Antara Paras Bay Dan Paras Proses

2.2 PENGAUTOMATAN SISTEM KUASA

Sistem kuasa pada masa kini telah banyak menggunakan pengautomatan dalam penjanaan, agihan dan penghantaran kuasa elektrik. Sistem kuasa turut menitikberatkan kepada peningkatan produktiviti tetapi pada masa yang sama mengurangkan kos operasi. Untuk tujuan ini, pengurus, jurutera, pengendali, perancang, dan lain lagi diperlukan untuk mengumpul dan membuat keputusan yang berdasarkan maklumat yang diperolehi. Selain itu, peralatan yang lebih bijak dan kurang memerlukan campur tangan manusia juga banyak telah digunakan supaya alatan dengan sendiri dapat mencipta maklumat dan memproses maklumat tersebut. Sistem instrumentasi dan kawalan digunakan untuk memantau, mengawal dan melindungi sistem kuasa. Pengautomatan sistem kuasa melibatkan penggunaan peralatan instrumentasi dan kawalan untuk melaksanakan proses

membuat keputusan dan kawalan secara automatik terhadap sistem kuasa (Dolezilek 1999).

Dalam sistem kuasa terdapat pelbagai istilah yang merujuk kepada fungsi-fungsi sistem kuasa dan peralatan yang digunakan dalam sistem. Penerangan ringkas bagi setiap istilah yang dimaksudkan adalah seperti berikut :-

- i) Pengumpulan data – proses mendapatkan atau mengumpul data. Data-data ini dikumpul dalam bentuk nilai arus atau voltan yang diukur di tempat-tempat tertentu. Data terkumpul biasanya digunakan oleh peralatan yang mengumpul data tersebut atau dihantar kepada peralatan yang lain dalam pencawang yang sama atau dihantar juga ke pusat pengumpulan data untuk digunakan oleh operator, jurutera dan pengurus stesen.
- ii) Penyeliaan sistem kuasa – proses menyelia dan memantau status atau keadaan sistem kuasa menggunakan data-data yang telah dikumpul. Operator atau jurutera memantau maklumat atau data yang diperolehi dari paparan komputer, paparan grafik pada dinding, paparan panel pada peralatan atau boleh juga pada komputer bergerak.
- iii) Kawalan sistem kuasa – proses penghantaran mesej arahan kepada satu peralatan tertentu yang membolehkan peralatan instrumentasi dan kawalan dan juga peralatan sistem kuasa beroperasi.
- iv) Pengautomatan sistem kuasa – pengautomatan sistem merupakan tindakan kawalan sistem kuasa secara automatik melalui proses-proses pengautomatan dalam peralatan instrumentasi dan kawalan yang pintar. Proses-proses tersebut bergantung kepada pengumpulan data, penyeliaan sistem kuasa dan kawalan sistem kuasa yang bertindak secara bersama dan automatik. Arahan-arahan dikeluarkan secara automatik dan dihantar kepada alatan sepertimana dilakukan oleh pengendali secara insani.

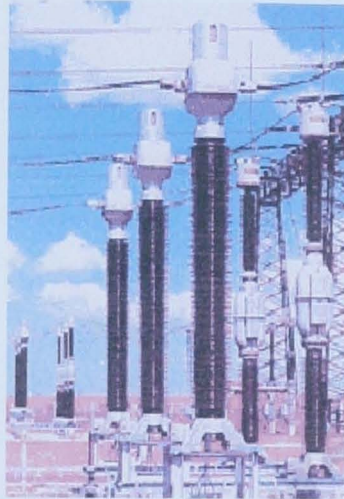
- v) Peranti elektronik pintar – Peralatan instrumentasi dan kawalan yang menggunakan mikropemproses dipanggil sebagai peranti elektronik pintar. Mikropemproses adalah cip komputer tunggal yang membolehkan peralatan memproses data, menerima arahan, dan menghantar maklumat seperti sebuah komputer. Proses automatik boleh dijalankan dalam peranti dan komunikasi maklumat adalah melalui antaramuka sesiri seperti antaramuka komunikasi pada komputer.

2.2.1 Peranti Elektronik Pintar

Peranti elektronik pintar atau *Intelligent Electronic Device* (IED) mempunyai pelbagai jenis alat yang digunakan dalam sistem pengautomatan pencawang. Setiap peranti elektronik pintar tersebut mempunyai ciri-ciri dan fungsi tersendiri seperti yang diterangkan:-

- i) Transduser – transduser menukar keluaran analog transformer instrumentasi daripada satu magnitud ke magnitud yang lain atau daripada satu jenis nilai ke jenis nilai yang lain iaitu seperti daripada arus ulang alik kepada voltan arus terus.
- ii) Suis antaramuka komunikasi – suis komunikasi merupakan alat yang boleh menghubungkan beberapa antaramuka sesiri. Pengguna bergerak boleh memulakan komunikasi dengan suis tersebut melalui sambungan kepada pencawang yang kebiasaannya adalah sambungan talian telefon atau talian persendirian. Apabila hubungan telah tersambung, pengguna boleh berkomunikasi dengan mana-mana IED pencawang yang terhubung dalam talian. Secara umumnya, suis boleh menjalankan komunikasi IED di dalam pencawang.
- iii) Pengubah Instrumentasi – pengubah ini seperti ditunjukkan dalam Rajah 2.3 digunakan untuk mengesan ukuran arus elektrik dan voltan dalam sistem kuasa. Pengubah yang disambungkan kepada peralatan sistem kuasa boleh menukarkan

isyarat sistem kuasa sebenar yang meliputi magnitud voltan dan arus yang tinggi kepada aras isyarat yang lebih rendah.



RAJAH 2.3 Pengubah Intrumentasi

- iv) Unit pengkalan kawal jauh (RTU) – unit pengkalan kawal jauh merupakan peranti elektronik pintar (IED) yang boleh dipasang pada lokasi secara bergerak dan pada mana-mana lokasi lain. Unit ini juga bertindak sebagai titik sambungan dengan peralatan pengukuran. Sepasang konduktor kuprum digunakan untuk mengesan sebarang sentuhan dan nilai transduser. Konduktor ini dipasang pada kabel dan bersambung dengan panel yang terdapat pada (RTU). Unit pengkalan kawal jauh ini boleh menghantar data terkumpul kepada peralatan lain dan juga menerima data atau arahan kawalan daripada peralatan lain melalui antaramuka sesiri. Unit yang diprogramkan dipanggil unit pengkalan kawal jauh yang bijak.
- v) Meter – sebuah meter merupakan salah satu daripada IED yang digunakan untuk mengukur arus kuasa, voltan dan nilai kuasa yang terdapat dalam sistem pencawang. Nilai meter yang dikehendaki atau nilai tertinggi boleh disimpan dalam ingatan meter ini untuk membolehkan maklumat-maklumat tentang aktiviti sistem kuasa dapat diperolehi semula.

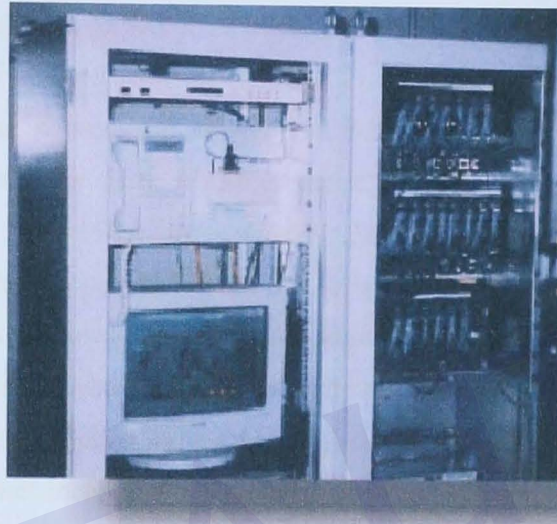
- vi) Antaramuka mesin dan manusia – Antaramuka ini merupakan panel paparan dan butang tekan atau sebuah komputer peribadi yang bertindak sebagai antaramuka kepada sistem data dan kawalan untuk pengendali dalam pencawang.
- vii) Perakam gangguan digital atau *Digital Fault Recorder* (DFR) – perakam gangguan digital seperti ditunjukkan dalam Rajah 2.5 merupakan peranti yang merakam maklumat tentang gangguan dan kerosakan dalam sistem kuasa. Alat ini berkebolehan untuk menyimpan data dalam format digital apabila keadaan gangguan dikesan dalam sistem kuasa. Contoh-contoh data yang boleh dirakam oleh DFR adalah harmonik, frekuensi dan voltan.



RAJAH 2.4 Perakam Gangguan Digital

- viii) Suis perlindungan – suis perlindungan merupakan alat IED yang direka untuk mengesan gangguan pada sistem kuasa dan melaksanakan tindakan kawalan ke atas sistem instrumentasi dan kawalan. Suis ini menerima isyarat terus daripada transformer instrumentasi dan tidak memerlukan penggunaan transduser. Suis perlindungan boleh menghasilkan maklumat tentang meter, status sistem pengumpulan maklumat dan menyimpan rekod tentang operasi sistem kuasa.
- ix) Pengawal logik boleh aturcara atau *Programming Logic Controller* (PLC) – PLC seperti ditunjukkan dalam Rajah 2.5 merupakan alat IED yang boleh diprogramkan untuk melaksanakan kawalan logik. Seperti RTU, sepasang konduktor kuprum digunakan untuk setiap sambungan dan nilai transduser dipaparkan pada panel dalam PLC. Pengendali yang mahir dengan pembangunan

PLC boleh memprogramkan PLC untuk menghasilkan maklumat daripada data pengesanan dan melaksanakan automasi. PLC berkemampuan untuk menghantar data terkumpul kepada peralatan lain dan juga menerima arahan kawalan daripada peralatan lain melalui antaramuka sesiri.



RAJAH 2.5 Pengawal Logik Boleh Aturcara Dan Komputer

- x) Penukar injap beban – penukar injap beban adalah alat yang digunakan untuk menukar kedudukan injap pada pengubah. Alat ini berfungsi secara automatik atau boleh dikawal menggunakan IED setempat atau operator bergerak.
- xi) Pengawal penutup – pengawal penutup mengawal operasi pengautomatan bagi penutupan suis. Alat ini memantau dan menyimpan ingatan tentang keadaan sistem kuasa serta boleh menentukan sendiri bila untuk melaksanakan arahan kawalan. Alat ini boleh menerima arahan dari operator bergerak.
- xii) Pemproses komunikasi – pemproses komunikasi merupakan pengawal pencawang yang menjalankan beberapa fungsi peralatan instrumentasi dan kawalannya. Alat ini mengandungi banyak antaramuka komunikasi untuk menyokong pelbagai sambungan komunikasi secara serentak. Pemproses ini melaksanakan

pengumpulan data, mengawal IED dan mendapatkan data yang diperlukan dalam pencawang.

2.3 PERIHAL ETHERNET

Ethernet adalah rangkaian kawasan setempat (LAN) yang terdapat dalam piawai IEEE 802.3 yang dikenali sebagai protokol CSMA/CD. Ethernet boleh dikategorikan kepada tiga kadar data yang mempunyai kelajuan berbeza untuk operasi menggunakan fiber optik dan kabel berkembar, iaitu, 10 Mbps untuk 10 *Base-T Ethernet*, 100 Mbps untuk *Fast Ethernet* dan 1000 Mbps untuk *Gigabit Ethernet* (Cisco System 2003). Dalam pasaran semasa, Ethernet banyak digunakan dalam dunia rangkaian kawasan setempat untuk menghubungkan banyak komputer dan juga stesen-kerja. Ini disebabkan Ethernet mempunyai kelebihan yang tersendiri seperti operasi Ethernet mudah untuk difahami, diurus dan diselenggara. Selain itu, faktor kos pelaksanaan yang rendah dan murah juga menyebabkan Ethernet menjadi popular dikalangan pengurus rangkaian dan digunakan dalam rangkaian setempat. Ethernet turut mempunyai kelebihan dari segi kebolehan untuk mengembangkan topologi rangkaian yang sedia ada dengan mudah dan kurang masalah. Produk Ethernet yang berlainan pembuat juga mudah dihubungkan tanpa sebarang masalah kerana piawai digunakan adalah sama dan ini menyebabkan Ethernet begitu popular.

2.3.1 Sejarah Ethernet

Ethernet pada awalnya dibangunkan sebagai eksperimen rangkaian kabel tunggal pada tahun 1970-an oleh syarikat Xerox. Tujuan eksperimen ini adalah untuk mendapatkan kadar data 3 Mbps menggunakan protokol pengesan pembawa pelbagai akses dan pengesan pelanggaran (CSMA/CD) yang merupakan protokol bagi rangkaian setempat (LAN) untuk keperluan trafik padat. Projek ini mencapai kejayaan dan pembangunannya diteruskan sehingga ke tahun 1980 untuk menghasilkan spesifikasi 10-Mbps Ethernet versi 1.0. yang melibatkan kerjasama 3 syarikat, iaitu, syarikat Xerox, syarikat Digital Equipment dan syarikat cip Intel. Piawaian IEEE 802.3 yang asal merujuk kepada

RUJUKAN

- Altman, E. & Jimenez, T. 2003. *NS Simulator for Beginners*. Lectures notes, 2003-2004, University de Los Andes, Venezuela.
- Chung, J. & Claypool, M. 2002. *Ns by Example*. Worchester Polytechnic Institute. (atas talian) <http://nile.wpi.edu/NS/> (21hb. Januari 2005)
- Cisco System. 2003. *Chapter 7, Ethernet Technologies*. Internetworking Technologies Handbook
- Dolezilek D.J. 1999. *Power Sistem Automation*. Schweitzer Engineering Laboratories, Incorporation.
- Fall, F. & Varadhan, K. 2003. *The NS Manual*. VINT Project. UC Berkeley, LBL, USC/ISI, and Xerox PARC
- Harju, K., & Korventautasta, S. 2002. *Network and Protocol Implementation Using Network Simulator 2*.
- Marc Greis. 2001. *Tutorial for the Network Simulator "ns"*. VINT Group. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/tutorial/index.html> (3 Februari 2005)
- Pan, J. & Changhua He. 2001. *Compared Layered Coding and Multiple Description Coding with Link Diversity*. Electrical Engineering Department, Stanford University.
- Skeie, T., Johannessen, S., & Brunner, C. 2002. *Ethernet in Substation Automation*. IEEE Control Systems Magazine, 22(3): hlm. 43-51, June 2002
- Seifert, R. 1995. *Technical Report: Issues in LAN Swicthing and Migration from Shared LAN Environment*. Networks and Computer Consulting.
- Tengdin, J.T. 1999. *We need LAN performance testing*. Wise Owl, The Secure Automation Developer's Resource.
- Tengdin, J.T., Simon, M.S. & Sufana, C.S. 1999. *LAN congestion scenario and performance evaluation*. *Proceedings*, IEEE Power Engineering Society Winter Meeting 1999.
- Wang, J. 2003. *ns-2 Tutorial Exercise*. Multimedia Networking Group. The Department of Computer Science, UVA.