

## RANCANGAN BACK-UP SISTEM AIR PENDINGIN PADA SAAT TIDAK ADA SUPPLY LISTRIK UTAMA (PLN) DI IEBE

Suhatno

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

### ABSTRAK

Bidang Pengembangan Fasilitas Bahan Bakar Nuklir (BPFBBN) yang ada di Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE) mengemban tugas: Mengoperasikan sistem VAC, untuk mengkondisikan tekanan *negative* di area laboratorium gedung IEBE agar kontaminan di dalam gedung tidak keluar kelingkungan, mengkondisikan suhu dan kelembaban untuk keselamatan dan kenyamanan pekerja. Menyediakan catu energy listrik normal yang *disupply* dari PLN dan *emergency* yang *disupply* dari Genset. Menyediakan catu media, berupa gas Hidrogen, gas Argon, gas Elpiji, gas Nitrogen dan air pendingin. Khusus untuk air pendingin sebagai salah satu proteksi keselamatan bisa di layani normal yaitu menghidupkan pompa distribusi normal dengan catu daya listrik dari PLN. Pompa distribusi normal ada dua yaitu pompa 1.A dan pompa 1.B , dalam operasinya satu hidup satu *stanby*. Masing-masing mempunyai kapasitas 37000kg/jam, dengan tekanan operasi 3 bar. Pada saat listrik dari PLN mati bisa dilayani secara *emergency*. Untuk mengoperasikan pompa distribusi *emergency* dengan catu energil listrik dari Genset. Pompa distribusi *emergency* ada dua yaitu pompa *emergency* 2.A dan pompa *emergency* 2.B. Dalam operasinya satu hidup satu *stanby* Masing-masing mempunyai kapasitas 3600 kg/jam, dengan tekanan operasi 3 bar. Karena media pendingin termasuk sebagai proteksi keselamatan maka keberadaan air pendingin tidak boleh terhenti alirannya walaupun dalam kondisi tidak ada aliran listrik. Untuk itu solusinya dibuatlah rancangan *back-up* sistem air pendingin pada saat tidak ada *supply* listrik di IEBE. Rancangan *back-up* sistem air pendingin dilakukan dengan membuat jalur pemipaan *bypass* dari pipa sebelum masuk tangki timbun menuju setelah *heat exchanger*. Jalur pemipaan digunakan pipa jenis baja galvanis berdiameter 3 inch ketebalan 1,5 mm, di lengkapi dengan *solenoid valve* jenis normali open, *gate valve*, manometer dan *chek valve* yang mempunyai fungsi masing-masing. Adapun sistem operasinya pada saat ada aliran listrik *solenoid valve* menutup, sehingga membendung aliran air segar dari puspipstek, dan pada saat tidak ada aliran listrik *solenoid valve* membuka sehingga air bisa mengalir. Dengan *gate valve* diatur tekanan alir air 3 bar yang dapat dipantau pada manometer. Setelah *Heat exchanger* di pasang *check valve* yang berfungsi membendung aliran balik

**Kata kunci:** Rancangan , air pendingin , sistem *bypass*, *heat exchanger*

### PENDAHULUAN

Selain sistem ventilasi, sistem air pendingin termasuk salah satu proteksi keselamatan yang penting karena merupakan pendukung utama dalam beroperasinya fasilitas laboratorium pada instalasi nuklir di IEBE. Beberapa peralatan proses di gedung IEBE dalam operasinya menggunakan media air pendingin yang tidak boleh terputus alirannya. Fungsi air pendingin yaitu untuk menjaga agar suhu dari beberapa komponen yang ada di peralatan proses tidak meningkat terus atau *over heating*, untuk menjaga keselamatan baik operator, peralatan maupun bahan material yang sedang diproses. Rancangan *back-up* sistem air pendingin pada saat tidak ada supplay listrik di IEBE, untuk

memback-up tersedianya air pendingin sehingga kebutuhan air pendingin dapat terpenuhi untuk mengamankan peralatan proses yang sedang beroperasi jika tiba-tiba listrik padam.

Bagian-bagian dari sistem air pendingin terdiri dari:

**a. Unit Chiller**

Model : YAEP99VD9C50PA

Cooling Capacity : 749 KW

Power Supply : 380 volt, 50 Hz

Capacity : 211 TR.

Fungsi *chiller* untuk memproduksi air dingin yang dialirkan menuju beberapa *cooling coil AHU* dan ke *heat exchanger* sebagai penukar kalor, untuk menurunkan suhu air pendingin dari suhu kamar menjadi antara 15 s/d 25°C [1].

**b. Tangki timbun air**

Tangki timbun ini terbuat dari bahan *stainless steel* berfungsi untuk menampung air pendingin, berkapasitas 25000 m<sup>3</sup>. Tangki timbun ini dilengkapi dengan level air dan dipasang sensor batas bawah dan batas atas volume tangki timbun. Sensor dihubungkan dengan sistem elektrik pompa distribusi, sehingga pompa distribusi air pendingin hanya bisa dioperasikan jika level air ada diantara sensor batas atas dan batas bawah.

**c. Pompa distribusi operasi normal CWP.1A dan CWP.1B**

Type NT 65-400/389

Merk : Allweiler

Kapasitas: 37000 l/jam

Head : 50 m

Terdiri dua pompa yaitu pompa.1A dan pompa.1B, yang dapat diatur tekanan operasinya. Untuk mengatur tekanan pompa dengan cara mengatur prosentasi bukaan *valve* baik *input* maupun *output* pompa, hasilnya pengaturan dapat di baca pada manometer yang dipasang pada pipa *output* pompa. Untuk operasinya pompa distribusi cukup dioperasikan satu yang satu *stanby*.

**d. Heat exchanger**

Merk : Alfa- Laval

Type : P2FH

Max Work Pressure : 10bar

Kapasitas : 455.100 kCal/jam

Kapasitas Alir : 37.000 lt/jam

Air pendingin diproses pada penukar kalor dengan mendinginkan air dari tangki timbun dari suhu kamar menjadi antara 15 – 25°C dengan menggunakan media pendingin air dingin (*chilled water*) yang dihasilkan dari mesin pendingin (*water chiller*).

**e. Pipa baja galvanis**

Pipa baja galvanis berfungsi sebagai saluran untuk mengalirkan air pendingin baik menuju peralatan-peralatan proses maupun air balik ke tangki timbun lagi.

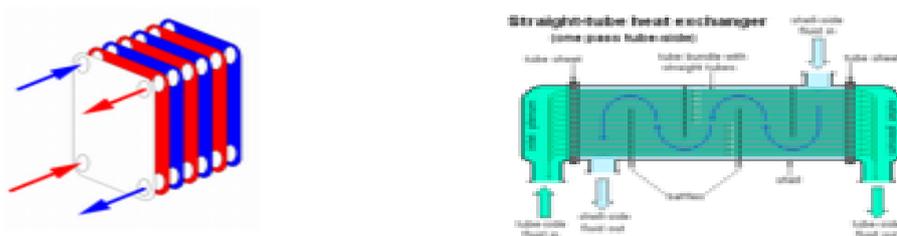
**f. Thermometer**

Berfungsi untuk mengukur suhu air dingin yang dihasilkan dari mesin pendingin (*water chiller*) dan air pendingin proses setelah terjadi penukaran kalor di *heat exchanger*. Alat-alat proses yang memerlukan pendingin diantaranya tungku sintering, atomizer dan beberapa peralatan proses di PCP. Ketersediaan air pendingin diperoleh dari air segar/fresh waater dari PUSPIPTEK yang bersuhu kamar ditampung ditangki timbun air pendingin yang berkapasitas 25.000m<sup>3</sup> untuk tangki penampungan normal dan 15.000 m<sup>3</sup> untuk tangki penampungan *emergency*. Dari tangki penampungan, dialirkan menggunakan pompa ke peralatan proses yang sedang beroperasi, yang sebelumnya dilewatkan di *heat exchanger* terlebih dahulu. Didalam *heat exchanger* air pendingin terjadi persinggungan dengan air dingin dari *chiller* yang bersuhu sekitar 6 s/d 12°C, sehingga terjadi penurunan suhu dari suhu kamar menjadi sekitar 15 s/d 25° C. Pada kondisi normal untuk mengalirkan air pendingin dari tangki penampungan ke peralatan proses digunakan pompa normal yaitu pompa 1.A dan pompa 1.B, berkapasitas masing-masing 37000 kg/jam, satu operasi dan satunya *standby*, yang disuplai tegangan listrik dari PLN, sedangkan pada saat aliran listrik dari PLN mati digunakan pompa *emergency*, yaitu pompa *emergency* 2.A dan pompa *emergency* 2.B, berkapasitas masing-masing 3600 kg/jam, satu operasi dan satunya *standby* yang disuplai tegangan listrik dari genset. Aliran air pendingin tidak boleh berhenti walaupun pada saat tidak ada aliran listrik, solusinya dibuatkan jalur pemipaan *bypass*. Dengan dibuatkan jalur pemipaan *bypass* air pendingin tetap dapat mengalir yang di suplai langsung dari PUSPIPTEK walaupun dalam kondisi suhu kamar.

Tabel 1. Sistem air pendingin di IEBE

Normal		<i>Emergency</i>		Pemipaan <i>bypass</i>
Tangkitimbun	Pompa	Tangkitimbun	Pompa	
Tangki timbun normal berkapasitas 25000 m <sup>3</sup>	- Pompa 1. A Kapasitas 37000 kg/jam - Pompa 1. B kapasitas 37000 kg/jam -Tekanan kerja 3 bar	Tangki timbun <i>emergency</i> berkapasitas 15000m <sup>3</sup>	-Pompa2. A Kapasitas 3600 kg/jam -Pompa 2. B Kapasitas 3600 kg/jam -Tekanan Kerja 3 bar	Air pendingin langsung dari PUSPIPTEK, dibuatkan pemipaan sistem <i>bypass</i> dari sebelum tangki timbun normal kesetelah <i>heat exchanger</i>

Penukar panas *heat exchanger* (HE)) adalah suatu alat yang memungkinkan perpindahan panas dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Biasanya, medium pemanas dipakai uap lewat panas (*super heated steam*) dan air biasa sebagai air pendingin (*cooling water*). Penukar panas dirancang agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak baik antar fluida melalui dinding yang memisahkannya, maupun keduanya bercampur langsung begitu saja. Jenis umum dari penukar panas, biasanya digunakan dalam kondisi tekanan relatif tinggi, yang terdiri dari sebuah selongsong yang didalamnya disusun suatu anulus dengan rangkaian tertentu (untuk mendapatkan luas permukaan yang optimal). Fluida mengalir di selongsong maupun dianulus sehingga terjadi perpindahan panas antar fluida dengan dinding anulus sebagai perantara. Beberapa jenis rangkaian anulus misalnya; triangular, segi empat<sup>[2]</sup>



**Gambar 1.** Sistem sirkulasi penukaran air pendingin pada *heat exchanger* (HE)

Solenoid adalah alat yang digunakan untuk mengubah arus listrik menjadi gerakan mekanis linier. Solenoid disusun dari kumparan dengan inti besi yang dapat bergerak. Apabila kumparan diberi tegangan listrik AC maupun DC maka jangkar akan ditarik kedalam kumparan. Kebanyakan tegangan kerja solenoid valve 220 VAC dan 12/24 VDC.

Untuk mengamankan kumparan pada solenoid valve dipasang pembatas arus yaitu *Miniatur Circuit Breaker* (MCB). Besarnya MCB yang dipasang 120% kali arus nominalnya.

$$I = P/V \quad (1.1)$$

dimana :

I : arus nominal (ampere)

P : daya aktif (watt)

V :Tegangan kerja (volt)

Besarnya gaya tarik atau dorongan yang dihasilkan solenoid ditentukan oleh jumlah lilitan kawat tembaga dan besar arus yang mengalir melalui kumparan atau jika dirumuskan adalah sebagai berikut :

Besarnya reaktansi induktif (XL) dari kumparan adalah :

$$XL = 2\pi fL \quad (1.2)$$

dimana :

XL : reaktansi induktif dalam Ohm

f : Frekuensi arus bolak-balik dalam Hertz

L : Induktansi dalam Henry

Besarnya arus ditentukan dengan rumus hukum Ohm, dimana nilai R diganti dengan XL

$$I = V / XL \quad (1.3)$$

dimana :

I : arus yang mengalir pada kumparan, dalam Ampere

V : Tegangan pada kumparan, dalam Volt

XL : reaktansi induktif dalam

Jenis solenoid valve yang akan digunakan adalah jenis kran, jenis ini terdiri dari dua dasar unit fungsional yaitu :

1. Solenoid (elektromagnet) dengan inti atau plungernya
2. Badan kran yang berisi lubang mulut pada tempat piringan untuk menutup atau membuka aliran.

Aliran melalui lubang mulut baik terbuka atau tertutup tergantung dari apakah ada tegangan yang diberikan. Apabila kumparan diberi tegangan maka inti ditarik ke dalam kumparan solenoid untuk membuka kran lalu jika tegangan dihentikan maka pegas mengembalikan kran pada posisi menutup aliran<sup>[3]</sup>.

## METODOLOGI

Metodologi perancangan yang dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut :

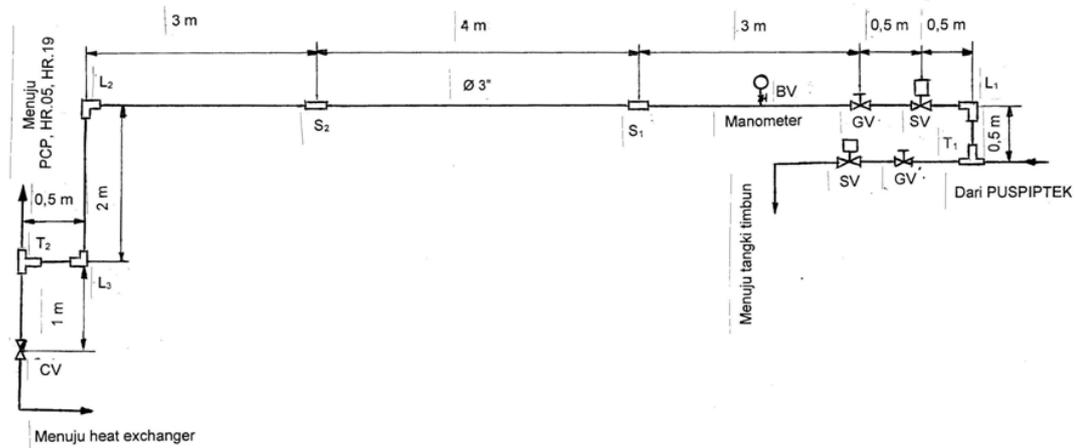
- Mempelajari jalur pemipaan air pendingin, melakukan pengukuran jarak bagian yang di *bypass*, diameter pipa, dan jenis pipanya.
- Melakukan perancangan gambar sistem pemipaan

### Alat yang digunakan

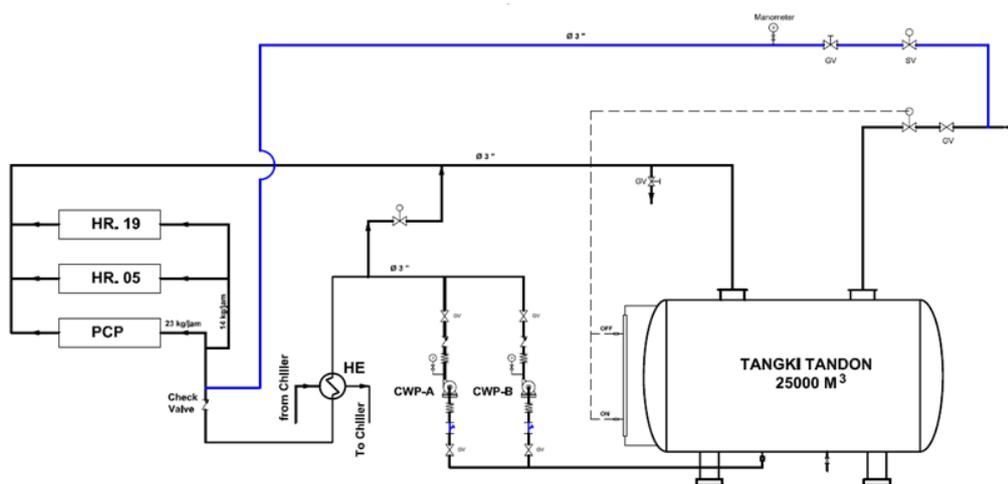
- Meteran, untuk mengukur jarak/panjang yang di *bypass*
- Jangka sorong , untuk mengukur diameter pipa
- Gerenda tangan, untuk memotong pipa
- Mesin las, untuk menyambung pipa
- Mesin ulir, untuk membuat ulir pipa pada ujung-ujung yang akan disambung
- Pipa baja galvanis diameter 3 inch dengan ketebalan 1,5 mm sepanjang 14 meter
- *Check Valve* ukuran 3 inch 1 buah
- *Solenoid Valve* diameter 3 inch 1 buah, dengan inputan power 220 volt, daya 0,5 pk, chosphi 0,8, frekwensi 50 hz
- Sambungan L-bow 3 inch 3 buah
- Sambungan lurus/socket 3 inch 2 buah
- *Gate valve* 3 inch 2 buah,
- Manometer 0,5 inch range tekanan 0 s/d 10 bar 1 buah,
- *Bolt-valve* ukuran 0,5 inch 1 buah,
- Pipa 0,5 inch sepanjang 0,3 m,
- *Seal tape* 5 buah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil berupa gambar rancangan *bypass* sistem air pendingin seperti ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Gambar hasil rancangan pemipaan *bypass* air pendingin.



Gambar 3. Gambar rancangan detail pemipaan *bypass* air pendingin

**Langkah-langkah pembuatannya.**

- Potong pipa baja galvanis diameter 3 inchi menggunakan gerinda tangan sepanjang 0,5 meter sebanyak 4 buah, buat ulirluar kedua ujungnya sepanjang masing-masing 5 cm.
- Potong pipa baja galvanis diameter 3 inchi menggunakan gerinda tangan sepanjang 3 meter sebanyak 2 buah, buat ulirluar kedua ujungnya masing-masing 5 cm.
- Potong pipa baja galvanis diameter 3 inchi menggunakan gerinda tangan sepanjang 2 meter sebanyak 1 buah, buat ulir luar kedua ujungnya sepanjang masing-masing 5 cm.

- Pipa baja galvanis diameter 3 inchi menggunakan gerinda tangan sepanjang 4 meter sebanyak 1 buah, buat ulir luar kedua ujungnya sepanjang masing-masing 5 cm.
- Potong pipa input menuju tangki timbun menggunakan gerinda tangan, sepanjang ukuran sambungan T<sub>1</sub>, pasang sambungan T<sub>1</sub>, dengan cara pengelasan.
- Rakit potongan pipa galvanis diameter 3 inch sepanjang 0,5 meter diantara sambungan T<sub>1</sub> dan sambungan L-bow, dengan cara sambungan ulir.
- Rakit pipa galvanis diameter 3 inch sepanjang 0,5 meter diantara sambungan L-bow<sub>1</sub> dan *solenoid valve* dengan cara sambungan ulir.
- Rakit pipa galvanis diameter 3 inch sepanjang 0,5 meter antara solenoid valve dan *gate valve* dengan cara sambungan ulir
- Rakit pipa galvanis diameter 3 inch sepanjang 3 meter diantara *get-valve* dan sambungan socket<sub>1</sub>, dengan cara sambungan ulir.
- Rakit pipa galvanis diameter 3 inch sepanjang 4 meter diantara sambungan socket<sub>1</sub> dan sambungan socket<sub>2</sub>, dengan cara sambungan ulir.
- Rakit pipa galvanis diameter 3 inch sepanjang 3 meter diantara sambungan sock<sub>2</sub> dan sambungan L-bow<sub>2</sub>, dengan cara sambungan ulir.
- Rakit pipa galvanis diameter 3 inch sepanjang 2 meter diantara sambungan L-bow<sub>2</sub> dan L-bow<sub>3</sub> dengan cara sambungan ulir.
- Rakit pipa galvanis diameter 3 inch sepanjang 0,5 meter diantara sambungan L-bow<sub>3</sub> dan sambungan T<sub>2</sub>, dengan cara sambungan ulir.
- Potong pipa galvanis diameter 3 inch jalur air pendingin setelah *heat exchanger* menggunakan gerinda tangan sepanjang sambungan T<sub>2</sub>, rakit sambungan T<sub>2</sub>, dengan cara pengelasan.
- Potong galvanis diameter 3 inch pipa jalur air pendingin di bawah sambungan T<sub>2</sub> menggunakan gerinda tangan, dengan jarak 0,5 meter sepanjang ketebalan *cek-valve*, sambung dengan cara pengelasan.

Dalam perancangan *back-up* sistem air pendingin pada saat tidak ada supply listrik di IEBE digunakan bahan-bahan seperti diatas dengan tujuan :

- Pipa baja galvanis  
Pipa jenis baja galvanis ini permukaannya terdapat lapisan seng berguna untuk membuat pipa tidak mudah berkarat, sehingga bisa awet sampai diperkirakan 50 tahun jika dilingkungan minim polusi dan 25 tahun jika untuk instalasi di area perkotaan

- *Check Valve*

Digunakan untuk membendung aliran balik menuju *heat exchanger*  
Sehingga aliran air pendingin tidak terbagi dua.

- *Solenoid Valve*

Digunakan untuk membuka atau menutup aliran air secara elektrik.

Type solenoid valve : tegangan kerja 220 VAC, daya 0,5 pk/373 watt, frekwensi 50 hz, maka MCB sebagai pembatas arus yang dipasang :

$$I = P/V$$

$$I = 373 \text{ watt}/220 \text{ volt}$$

$$I = 1,69 \text{ ampere}$$

$$\text{MCB} = 1,69 \times 120\%$$

$$\text{MCB} = 2,028 \text{ ampere.}$$

Maka dipasang MCB dengan ukuran 2 ampere.

Tahanan lilitan pada kumparan :

$$I = V/XL$$

$$XL = V/I$$

$$XL = 220/1,69$$

$$XL = 130 \text{ ohm.}$$

Fungsi menghitung tahanan lilitan untuk referensi jika kumparan solenoid rusak dan dilakukan gulung ulang. Dengan tahanan lilitan dan diameter kawat lilitan yang sama, maka didapat daya dan arus yang sama, sehingga tidak perlu mengganti MCB, serta solenoid beroperasi dengan baik tanpa mengalami panas yang berlebih.

- Sambungan L-bow

Untuk menyambung pipa pada belok sudut  $90^{\circ}$ , untuk mengurangi kerugian gesekan

- Sambungan lurus/socket

Untuk menyambung pada sambungan lurus pipa baja galvanis

- *Gate valve*

Berguna untuk mengatur debit dan tekanan aliran air, dengan mengatur prosentasi bukaan *valve*-nya.

- Manometer dengan range tekanan 0 s/d 10 bar

Digunakan untuk mengukur tekanan air pendingin yang mengalir dalam pipa, sehingga terdeteksi berapa tekanannya.

- *Bolt-valve*

Di pasang sebelum manometer berguna untuk membuka aliran air menuju manometer dan ditutup jika mengganti manometer.

- Pipa 0,5 inch .

Untuk tempat/kaki memasang *bolt-valve* dan manometer.

- *Seal tape*.

Untuk merapatkan sambungan pada bagian yang berulir, sehingga tidak terjadi kebocoran pada sambungan berulir.

Khusus untuk sambungan yang berhubungan dengan instalasi pipa lama, dilakukan dengan sambungan pengelasan, karena membuat ulir pada pipa instalasi lama mengalami kesulitan.

## KESIMPULAN

Gambar rancangan *back-up* sistem air pendingin pada saat tidak ada listrik di IEBE dan komponen-komponennya telah selesai dibuat. Diharapkan media air pendingin untuk peralatan proses di IEBE tetap mengalir walaupun tidak ada aliran listrik atau PLN padam, jika rancangan ini direalisasikan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, PTBBN BATAN, "Laporan Analisis Keselamatan (LAK) Instalasi Elemen Bakar Eksperimental" (IEBE), Revisi : 7 Tahun 2012.
2. GILES, R.V., 1986, *Seri Buku Schaum teori dan soal-soal, Mekanika Fluida & Hidraulika*, Edisi kedua (SI-metrik), Penerbit Erlangga, Jakarta.
3. FRANK D. PETRUZELLA, "Elektronik Industri", Penerbit Andi, Yogyakarta, 1996.