

PENURUNAN KADAR ION BESI (Fe) DALAM AIR BERSIH SECARA AERASI DAN SEDIMENTASI DENGAN MENGGUNAKAN MEDIA MAGNET

Bastian Addy Sanjaya **) dan R.R Moekarni *)

Abstrak

Air merupakan salah satu komponen dalam kehidupan makhluk hidup yang sangat penting. Secara kualitas air harus memenuhi syarat biologi, fisika, kimia dan radioaktifitas. Kadar besi yang melebihi standar akan mengakibatkan air berwarna kecoklatan, berbau amis, dan berasa pahit. Untuk itu kadar besi (Fe) dalam air perlu diturunkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh magnet dalam menurunkan ion kadar besi dalam air. Penelitian yang dilakukan penulis adalah penelitian kuasi eksperimen karena tidak memakai rancangan penelitian yang sebenarnya, dimana penelitian ini dilakukan agar diperoleh hasil yang berbeda setelah air sampel diaerasi dan diturunkan dengan menggunakan magnet dan tanpa menggunakan magnet. Analisa penentuan kadar ion besi dalam penelitian ini menggunakan metode Spektrofometri Serapan Atom (SSA). Hasil penelitian yang telah dilakukan ternyata terdapat perbedaan pada angka penurunan kadar ion besi (Fe) dalam air dengan menggunakan media magnet dibandingkan yang tidak menggunakan media magnet. Pada pengolahan menggunakan media magnet penurunan kadar ion Fe sebesar 98,04% sedangkan pada pengolahan tanpa menggunakan media magnet hanya 96,71%.

Kata Kunci: Ion Besi (Fe), Magnet, Aerasi

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sekalipun Fe diperlukan oleh tubuh, tetapi dalam dosis yang besar dapat merusak dinding usus. Kematian sering disebabkan oleh rusaknya dinding usus ini. Debu Fe apabila terakumulasi dalam didalam alveoli akan menyebabkan berkurangnya fungsi paru. Oleh karena itu kadar Fe dalam air harus dibatasi atau kalau mungkin dihilangkan Riyadi (1985:115). Salah satu cara pengolahan air bersih untuk menghilangkan kadar Fe adalah dengan aerasi. Prinsip utama pengolahan ini adalah menambahkan udara/ oksigen kedalam air sehingga akan terjadi reaksi ikatan kimia antara oksigen dengan senyawa Fe yang bisa membentuk endapan Fe (Ferro/Ferri). Proses tersebut dapat digambarkan sebagai berikut :

$$\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{FeO} + 2\text{H}^+ \text{ (C .H. Langford, 1990).}$$

Pada pengolahan secara aerasi yang selama ini diketahui, endapan Fe yang terbentuk ada yang dibiarkan mengendap secara alamiah dan ada yang dilakukan dengan bantuan penambahan bahan kimia. Penelitian tentang aerasi dan pengendapan kadar Fe, apabila endapan Fe tersebut diolah lagi akan bisa membantu menurunkan kadar Fe dalam pengolahan air secara aerasi dan sedimentasi, sehingga akan didapatkan hasil pengolahan air secara maksimal. Salah satu cara

pengolahan endapan Fe tersebut adalah dengan menggunakan media magnet, dimana magnet memiliki gaya tarik menarik atau gaya tolak menolak terhadap ion yang bersifat sama atau berlawanan.

B. Rumusan Masalah

Apakah kadar ion besi (Fe) dalam air dapat diturunkan secara aerasi dan sedimentasi dengan menggunakan media magnet?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui penurunan kadar ion Fe dalam air setelah diaerasi dan sedimentasi dengan menggunakan media magnet.
2. Mengetahui kadar ion Fe dalam air sebelum dilakukan perlakuan aerasi dan sedimentasi dengan menggunakan media magnet.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Besi

Besi merupakan salah satu elemen kimiawi yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat dibumi pada semua lapisan geologis dan pada semua badan air. Pada umumnya besi bersifat:

**) Mahasiswa Teknik Lingkungan

*) Dosen Teknik Lingkungan

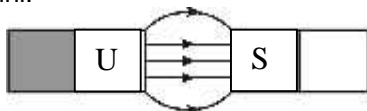
Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

- Terlarut sebagai Fe^{2+} (Fero) atau Fe^{3+} (Feri), contoh reaksi antara $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{FeO} + 2\text{H}$ (C.H. Langford, 1990)
- Tersuspensi sebagai butiran koloidal (diameter $< 1\mu\text{m}$) atau lebih besar seperti Fe_2O_3 , FeO , FeOOH , $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan sebagainya.
- Tergantung dalam zat organik atau zat padat inorganik seperti tanah liat (G.Alaert, 1987).

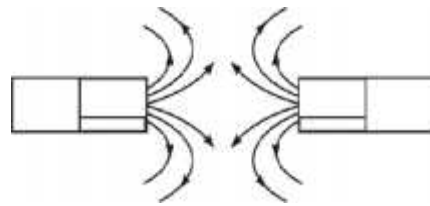
Pada air permukaan jarang ditemukan kadar besi (Fe) lebih besar dari 1 mg/l, tetapi di dalam air tanah kadar besi (Fe) dapat jauh lebih tinggi. Konsentrasi kadar besi (Fe) yang tinggi ini dapat dirasakan dan dapat menodai kain, dan perkakas dapur. Pada air yang tidak mengandung oksigen (O_2) seperti seringkali air tanah, besi berada sebagai Fe^{+2} (ferro) yang cukup dapat terlarut, sedangkan pada air sungai yang mengalir dan terjadi aerasi, Fe^{+2} teroksidasi menjadi Fe^{+3} . Fe^{3+} ini sulit larut pada pH 6 sampai 8 (kelarutan hanya di bawah beberapa $\mu\text{m}/1$), bahkan dapat menjadi ferihidroksida $\text{Fe}(\text{OH})_3$ atau salah satu jenis oksida yang merupakan zat padat dan bisa mengendap. Demikian pula dalam air sunga, besi berada sebagai Fe^{+2} , Fe^{+3} terlarut dan Fe^{+3} dalam bentuk senyawa organik berupa koloid (Alaerts 1984).

B. Magnet

Magnet adalah benda dari besi yang dapat menarik logam lain atau ion yang memiliki sifat tarik menarik atau tolak menolak terhadap ion yang bersifat berlawanan atau sama. Magnet mempunyai kutub yang berbeda utara selatan, kedua kutub ini akan menimbulkan reaksi yang saling tolak menolak apabila didekatkan dengan kutub yang sejenis, sedangkan apabila didekatkan dengan kutub yang tidak sejenis akan saling tarik menarik. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.1. Arah garis gaya magnet magnet dua kutub yang berlawanan



Gambar 2.2. Arah garis gaya dua kutub yang sejenis

C. Teori Medan Kristal (Crystal Field Theory)

Teori medan kristal adalah sebuah model yang menjelaskan struktur elektronik dari senyawa logam transisi yang semuanya dikategorikan sebagai kompleks koordinasi.

Struktur kompleks yang paling umum adalah oktahedron; dalam struktur ini, enam ligan membentuk oktahedron di sekitar ion logam. Pada simetri oktahedron, orbital- d akan berpisah menjadi dua kelompok energi dengan perbedaan energi oct . Orbital d_{xy} , d_{xz} dan d_{yz} akan memiliki energi yang lebih rendah daripada orbital d_z^2 and $d_{x^2-y^2}$. Hal ini dikarenakan orbital d_{xy} , d_{xz} dan d_{yz} memiliki posisi yang lebih jauh dari ligan-ligan, sehingga mendapatkan gaya tolak yang lebih kecil. Kompleks tetrahedron juga merupakan struktur yang umum; dalam struktur ini, empat ligan membentuk tetrahedron disekitar ion logam. Dalam pemisahan medan kristal tetrahedron, orbital- d kembali berpisah menjadi dua kelompok dengan perbedaan energi tet . Orbital d_z^2 dan $d_{x^2-y^2}$ akan memiliki energi orbital yang lebih rendah, dan d_{xy} , d_{xz} dan d_{yz} akan memiliki energi orbital yang lebih tinggi. Hal bertolak belakang dengan struktur oktahedron. Selain itu, dikarenakan elektron ligan pada simetri tetrahedral tidaklah berorientasi pada orbital-orbital- d , pemisahan energi akan lebih kecil daripada pemisahan energi oktahedral.

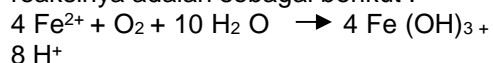
Energi pemisahan medan kristal untuk kompleks logam tetrahedron (empat ligan), tet , kira-kira sama dengan $4/9 \text{oct}$. Oleh karena itu, energi yang diperlukan untuk memasangkan dua elektron biasanya lebih besar dari energi yang diperlukan untuk menempatkan elektron di orbital yang berenergi lebih tinggi. Sehingga, kompleks tetrahedron biasanya merupakan spin-tinggi. Diagram pemisahan dalam medan kristal ini dapat membantu dalam memprediksikan sifat-sifat magnetik dari senyawa koordinasi. Senyawa yang memiliki elektron yang takberpasangan pada diagram

pemisahannya bersifat *paramagnetik* dan akan **ditarik oleh medan magnet**. Sedangkan senyawa yang tidak memiliki elektron takberpasangan pada diagram pemisahnya bersifat *diamagnetik* dan akan **ditolak oleh medan magnet**.

D. Proses Penurunan Besi (Fe) Dalam Air

Menurut Said (1999:103-106), penurunan besi dalam air terjadi sebagai berikut:

1. Penurunan dengan filtrasi.
Media filter yang mengandung MnO_2 air baku yang mengandung Fe dialirkan ke suatu filter yang medianya mengandung $MnO_2 \cdot nH_2O$. Selama mengalir melalui media tersebut Fe dan Mn yang terdapat dalam air baku akan teroksidasi menjadi bentuk $Fe(OH)_3$ dan Mn_2O_3 oksigen terlarut dalam air, dengan oksigen sebagai oksidator, reaksinya adalah sebagai berikut :



Reaksi penghilangan besi tersebut adalah merupakan reaksi katalik dengan MnO_2 sebagai katalis, sedangkan untuk reaksi penghilangan Mn adalah merupakan reaksi antara Mn^{2+} dengan hidrat mangandioksida. Jika kandungan mangan dalam air baku besar maka hidrat mangan dioksida yang ada dalam media filter akan habis dan terbentuk senyawa $MnO_2 \cdot nH_2O$ sehingga kemampuan penghilangan Fe dan Mn makin lama makin berkurang. Memperbarui daya reaksi dari media filternya dapat dilakukan dengan memberikan khlorine ke dalam filter yang jenuh tersebut.

2. Penurunan dengan zeolit.
Air baku yang mengandung besi dialirkan melalui suatu *filter bed* yang media filternya terdiri dari mangan zeolit. Mangan zeolit berfungsi sebagai katalis dan pada waktu yang bersamaan besi dan mangan yang ada dalam air teroksidasi menjadi bentuk ferri-oksida dan mangan dioksida yang tidak larut dalam air.

Reaksi penghilangan besi dan mangan dengan mangan zeolit tidak sama dengan proses pertukaran ion, tetapi merupakan reaksi dari Fe^{2+} dan Mn^{2+} dengan oksida mangan tinggi. Filtrat yang terjadi mengandung ferri-oksida dan mangan-dioksida yang tidak larut dalam air dan dapat dipisahkan dengan

pengendapan dan penyaringan. Selama proses berlangsung kemampuan reaksinya makin lama makin berkurang dan akhirnya jenuh. Untuk regenerasinya dapat dilakukan dengan menambahkan larutan kalium permanganat ke dalam zeolit yang telah jenuh tersebut sehingga terbentuk mangan zeolit ($K_2Z.MnO.Mn_2O_7$).

3. Penurunan dengan saringan pasir lambat

Pada saat operasi dengan kecepatan 10-30 m/hr, setelah operasi berjalan 7-10 hari maka permukaan atau dalam media filter akan tumbuh dan berkembangbiak bakteri besi yang dapat mengoksidasi besi atau mangan yang ada dalam air. Bakteri besi mendapatkan energi aktivasi yang dihasilkan oleh reaksi oksidasi besi ataupun oksidasi mangan, untuk proses perkembangbiakannya. Dengan didapatkannya energi tersebut maka jumlah seluruh bakteri juga akan bertambah. Dengan bertambahnya jumlah sel bakteri besi maka kemampuan untuk mengoksidasi juga akan meningkat.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan secara laboratorium dengan tahapan sebagai berikut:

1. Persiapan alat
Alat dan bahan yang dibutuhkan untuk percobaan antara lain:
 - a) Bak terbuat dari kaca dengan ukuran panjang 40 cm x lebar 20 cm x tinggi 80 cm (volume bak aerasi adalah $160 m^3$) sebanyak 2 buah yang akan diisi air sebanyak 8 lt dengan ketinggian air permukaan adalah 10 cm, untuk proses aerasi Fe tanpa menggunakan magnet dan proses aerasi dengan menggunakan magnet.
 - b) Senyawa $FeCl_3$ 4 gr x 2 (jumlah bak aerasi tiap percobaan) total tiap percobaan membutuhkan senyawa $FeCl_3$ sebanyak 8 gr. Karena pada percobaan ini dilakukan sebanyak 4 kali, maka total senyawa $FeCl_3$ yang dibutuhkan adalah $4 \times 8 \text{ gr} = 32 \text{ gr}$, dimana tiap 4 gr dilarutkan dalam masing bak aerasi dengan volume 8 lt air bersih.
 - c) Aerator aquarium untuk proses aerasi, dengan spesifikasi AC 220 -

240V 50 Hz 25 W, Q max 1500 L/H.

- d) Magnet batangan berbentuk bulat dengan diameter 10 cm tebal 4 cm sebanyak 4 buah yang diatur letaknya sehingga kutub utara dan kutub selatan akan bertemu (tarik-menarik membentuk medan magnet) untuk membantu proses pengendapan dalam air.
- e) Termometer manual berbentuk batang untuk mengukur suhu air sebelum dilakukan aerasi dan sesudah di aerasi.
- f) Gelas ukur 1 lt, untuk mengukur volume air yang akan diperiksa secara aerasi dan sedimentasi dengan menggunakan magnet dan tanpa menggunakan magnet.
- g) Botol sampel dari kemasan air minum mineral dengan volume 500 ml sebanyak 9 buah.

2. Tahapan Penelitian

Tahapan dari penelitian ini adalah:

- a. Pengambilan air sampel penelitian berasal dari kran sumur pompa air di laboratorium Teknik Lingkungan UNIPA Surabaya sebanyak 8 lt yang diukur dengan gelas ukur 1 lt sehingga pengambilan air sebanyak 8x pada tiap bak aerasi, kemudian larutkan 4 gr Fe Cl₃ kedalam masing-masing bak aerasi. Bak aerasi I tanpa menggunakan magnet, bak aerasi II dengan menggunakan magnet.
- b. Melakukan pengukuran suhu air pada masing-masing bak aerasi dengan menggunakan termometer, catat hasilnya kemudian ambil botol sampel dengan volume 500 ml segera isi dengan air sampel untuk pemeriksaan kadar Fe secara laboratorium, sampel ini sebagai kontrol.
- c. Melakukan aerasi pada bak I tanpa menggunakan magnet dengan aerator aquarium, proses aerasi ini berlangsung selama 10 menit, dilanjutkan dengan proses sedimentasi selama 10 menit, kemudian dilakukan pengukuran suhu air, catat hasilnya. Setelah itu ambil botol sampel segera isi dengan air sampel sebanyak 500 ml untuk diperiksa secara laboratorium.
- d. Melakukan aerasi pada bak II menggunakan magnet dengan aerator aquarium, proses aerasi ini

berlangsung selama 10 menit, dilanjutkan dengan proses sedimentasi selama 10 menit, kemudian dilakukan pengukuran suhu air, catat hasilnya. Setelah itu ambil botol sampel segera isi dengan air sampel sebanyak 500 ml untuk diperiksa secara laboratorium.

- e. Tahapan diatas diulang sebanyak 4 x (kali) percobaan. Untuk mendapatkan hasil data yang lebih akurat.
- f. Setelah tahapan diatas selesai, botol sampel air segera dibawa ke laboratorium untuk pemeriksaan kadar Fe sebelum pengolahan dan sesudah pengolahan secara aerasi dan sedimentasi dengan menggunakan media magnet dan tanpa menggunakan media magnet.

B. Metode Analisa Data

Data yang diperoleh dikelompokkan sesuai dengan permasalahan dan disajikan dalam bentuk tabel, selanjutnya membandingkan penurunan kadar Fe antara kontrol dengan setelah pengujian. Penurunan dihitung dengan menggunakan rumus efektifitas penurunan p dalam prosentase (%) yaitu:

$$\sum p \text{ Fe} = \frac{A - B}{A} \times 100 \% = \dots\dots \%.$$

Ket: A= Kadar Fe awal / kontrol

B= Kadar Fe Sesudah Diolah

ANALISA DATA

A. Analisa Data

1. Hasil Pengukuran Suhu Sebelum dan Sesudah Pengolahan

Dari tabel IV.1 Pengukuran suhu sebelum dan sesudah pengolahan di atas, maka dapat dilihat bahwa hasil pengukuran suhu sebelum dan sesudah pengolahan berkisar antara 28°C – 29°C, rata-rata suhu air sampel setelah diaerasi selama 10 menit dan diendapkan selama 10 menit berkisar antara 28,33 °C-28,81°C. Cara untuk mencari rata-rata menggunakan rumus :

Rata-rata = Jumlah Total Sampel : Banyaknya Sampel Rata-rata

$$= \frac{28,5 + 28 + 28 + 28,5 + 28 + 28 + 29 + 28,5 + 28,5}{9}$$

$$= \frac{255}{9} = 28,33$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada table dibawah ini:

Tabel IV.1 Rata- rata Pengukuran Suhu Air Sebelum dan Sesudah Pengolahan

No	Sampel	Suhu Air (°C)	
		Sebelum Pengolahan	Sesudah Pengolahan Dengan dan Tanpa Magnet
1	A 1	28,5	
2	A 2	28	29
3	A 3	28	28,5
4	B 2	28,5	29
5	B 3	28	29
6	C 2	28	28,5
7	C 3	29	29
8	D 2	28,5	28,5
9	D 3	28,5	29
	Rata-rata	28,33	28,81

2. Pengukuran kadar Fe secara aerasi dan sedimentasi tanpa menggunakan media magnet

Dari tabel IV.2 Penurunan kadar Fe Secara Aerasi dan Sedimentasi Tanpa Menggunakan Media Magnet, dapat dihitung penurunan kadar Fe dengan menggunakan rumus efektifitas penurunan p dalam prosentase (%), sebagai contoh pada percobaan I penurunan kadar Fe dapat dihitung sebagai berikut:

$$\sum p \text{ Fe} = \frac{A - B}{A} \times 100 \% = \dots\dots \%.$$

Keterangan :

A = Kadar Besi (Fe) awal /kontrol ; B = Kadar Besi (Fe) akhir / setelah diolah

$$\sum p \% = \frac{\text{Kadar Fe awal} - \text{Kadar Fe akhir}}{\text{Kadar Fe awal}} \times 100 \%$$

$$= \frac{(37,855 - 1,268)}{37,855} \times 100 \%$$

$$= \frac{0,9665 \times 100\%}{37,855}$$

$$= 96,65 \%$$

Rata- rata prosentase penurunan kadar Fe air sampel setelah di aerasi selama 10 menit dan diendapkan selama 10 menit adalah 96,55% - 96,94% atau rata- rata penurunan sebesar 96,71%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel IV. 2. Rata - rata Prosentase Penurunan Kadar Fe Dengan Aerasi Tanpa Menggunakan Magnet

No	Sampel	Kadar Fe (mg/l)		Penurunan	%Penurunan
		Sebelum	Sesudah		
1	Percobaan I (A)	37,855	1,268	36.587	96,65
2	Percobaan II (B)	37,855	1,239	36.616	96,72
3	Percobaan III (C)	37,855	1.155	36,7	96,94
4	Percobaan IV (D)	37,855	1,303	36,552	96,55
					96,71

3. Pengukuran Kadar Fe secara Aerasi dan Sedimentasi Dengan Menggunakan Media Magnet.

Dari tabel IV. 3 Pengukuran Kadar Fe secara Aerasi dan Sedimentasi Dengan Menggunakan Media Magnet, dapat dihitung penurunan kadar Fe dengan menggunakan rumus efektifitas penurunan p dalam prosentase (%), sebagai contoh pada percobaan I penurunan kadar Fe dapat dihitung sebagai berikut:

$$\sum p \% = \frac{\text{Kadar Fe awal} - \text{Kadar Fe akhir}}{\text{Kadar Fe awal}} \times 100 \%$$

$$= \frac{(37,855 - 0,784)}{37,855} \times 100 \%$$

$$= \frac{0,9792 \times 100\%}{37,855}$$

$$= 97,92 \%$$

Rata- rata prosentase penurunan air sampel sesudah diaerasi selama 10 menit dan diendapkan selama 10 menit berkisar antara 97,92%- 98,14%, atau rata- rata penurunan sebesar 98,04%. Dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel IV.3 Rata - rata Prosentase Penurunan Kadar Fe Setelah Diaerasi Dengan Menggunakan Magnet

No	Sampel	Kadar Fe (mg/l)		Penurunan	%Penurunan
		Sebelum	Sesudah		
1	Percobaan I (A)	37,855	0,784	37,071	97,92
2	Percobaan II (B)	37,855	0,704	37,151	98,14
3	Percobaan III (C)	37,855	0,739	37,116	98,04
4	Percobaan IV (D)	37,855	0,725	37,13	98,08
					98,04

KESIMPULAN

1. Kadar ion Fe sebelum dilakukan aerasi dan sedimentasi atau kadar ion Fe awal dalam penelitian ini adalah 37,855 mg/l.
2. Pengaruh magnet terhadap penurunan kadar ion Fe setelah dilakukan aerasi dan sedimentasi dalam penelitian ini ternyata dapat mempengaruhi besarnya penurunan kadar ion Fe.
3. Perbedaan penurunan kadar ion Fe setelah dilakukan aerasi dan sedimentasi ternyata ada perbedaannya

walaupun tidak signifikan tetapi dalam pengolahan penurunan kadar ion Fe, media magnet akan memberikan hasil penurunan yang maksimal. Hal ini bisa dilihat pada perhitungan hasil pemeriksaan secara laboratorium pada bak aerasi tanpa menggunakan media magnet kadar ion Fe rata – rata adalah 96.71%, sedangkan pada bak aerasi dengan menggunakan media magnet kadar ion Fe sebesar 98,04%.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Kesehatan RI, Kepmenkes No. 416/MENKES/PER/IX/1990, *tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas air*, Jakarta.
- Santika, Sri Sumestri, dan Alaerts, G., 1987. *Metode Penelitian Air*, Usaha Nasional Surabaya.
- Suripin, 2001. *Pelestarian Sumber Daya Tanah Dan Air*, Andy Yogyakarta, Yogyakarta.
- D.F. Shriver, P.W. Atkins, C.H Langford, 1990. *Inorganic Chemistry*, Oxford, USA.
- Reynolds, Tom. (1982), *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*, Monterey, California.
- Sanropie D. et. al. 1984. *Pedoman Bidang Studi penyediaan Air Bersih*. APK-TS
- Proyek Pengembangan Pendidikan Tenaga dan Sanitasi Pusat, Jakarta.
- Sugiharto. 1985. *Penyediaan Air Bersih Bagi Masyarakat*. Proyek Pengembangan Pendidikan Tenaga Sanitasi Pusat, Jakarta
- Sugiharto, 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Notoatmojo, 1993. *Metode Penelitian Kesehatan*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Arikunto, 1998. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*, edisi revisi IV, Rineka Cipta, Jakarta.