



## Efek Natrium Hidroksida terhadap Rendemen Magnesium Hidroksida pada Elektrolisis Sistem $C|NaOH||MgSO_4,NaCl|C$

Monita Rekasih<sup>a</sup>, Linda Suyati<sup>a</sup>, Wasino Hadi Rahmanto<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> Physical Chemistry Laboratory, Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang 50275

\* Corresponding author: [wh.rahmanto@live.undip.ac.id](mailto:wh.rahmanto@live.undip.ac.id)

### Article Info

**Keywords:**  
Electrolysis, sodium hydroxide, magnesium hydroxide.

**Kata kunci:**  
Elektrolisis, natrium hidroksida, magnesium hidroksida

### Abstract

Research about electrolysis sea water model with  $C|NaOH||MgSO_4,NaCl|C$  has been done. The purpose of the research was to prove that  $Mg(OH)_2$  could be formed at  $C|NaOH||MgSO_4,NaCl|C$  electrolysis system and to determine the influence of NaOH for  $Mg(OH)_2$  forming. Electrolysis process has been conducted with 2-compartemen system to determine the electrolytic converting condition of ion  $Mg^{2+}$  becoming  $Mg(OH)_2$ . The method used was the magnesium separation based on selective precipitation with electrolysis process for 4 hours. The electrolysis result was analysed by FTIR and AAS. The FTIR Spektra proved that sediment of electrolysis result was  $Mg(OH)_2$  which was indicated by wave numbers of  $3695.61\text{ cm}^{-1}$  and  $3425.58\text{ cm}^{-1}$  which provided information that there was -OH and the wave number of  $871.82\text{ cm}^{-1}$  which indicated the Mg-O bond. The highest yield of  $Mg(OH)_2$  as electrolysis result was 99.41% in 0.1 M NaOH usage. The result of AAS analysis showed that Mg content in  $Mg(OH)_2$  deposit was 55.12%.

### Abstrak

Penelitian tentang elektrolisis model air laut dengan sistem  $C|NaOH||MgSO_4,NaCl|C$  telah dilakukan. penelitian bertujuan untuk membuktikan bahwa  $Mg(OH)_2$  dapat terbentuk pada elektrolisis system  $C|NaOH||MgSO_4,NaCl|C$  dan menentukan pengaruh NaOH pada pembentukan  $Mg(OH)_2$ . Proses elektrolisis dilakukan dengan sistem 2-kompartemen untuk menentukan kondisi konversi elektrolitik ion  $Mg^{2+}$  menjadi  $Mg(OH)_2$ . Metode yang digunakan adalah pemisahan magnesium berdasarkan pengendapan selektif melalui proses elektrolisis yang dilakukan selama 4 jam. Hasil elektrolisis kemudian dianalisis menggunakan spektroskopi FTIR dan AAS. Spektra IR membuktikan bahwa endapan hasil elektrolisis merupakan  $Mg(OH)_2$  yang ditunjukkan pada bilangan gelombang  $3695,61\text{ cm}^{-1}$  dan  $3425,58\text{ cm}^{-1}$  yang menginformasikan ada gugus -OH dan bilangan gelombang  $871,82\text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan ada ikatan Mg-O. Rendemen  $Mg(OH)_2$  hasil elektrolisis tertinggi sebesar 99,41% pada penggunaan NaOH 0,1M. Hasil analisis AAS menunjukkan bahwa kadar Mg dalam endapan  $Mg(OH)_2$  sebanyak 55,12%.

### 1. Pendahuluan

Magnesium hidroksida merupakan bahan baku pembuatan magnesium dalam bentuk logam maupun oksida yang memiliki prospek tinggi untuk kepentingan energi alternatif, yaitu sebagai bahan penyimpan hidrogen [1, 2]. Magnesium juga memiliki kegunaan dalam bidang industri, seperti industri gula, pengolahan

uranium, obat maag (antasida), pasta gigi, susu magnesia dan memperkuat poliester [3, 4]. Magnesium dapat diekstraksi dari air laut, kandungan magnesium dalam air laut 1350 ppm [5, 6].

Proses Dow merupakan cara yang digunakan untuk mengekstraksi magnesium dari air laut,  $Mg^{2+}$  diubah menjadi  $Mg(OH)_2$  dengan cara menambahkan NaOH [7].

Rahmanto *dkk.* [8] dan Maddan [9] mempersingkat proses Dow melalui elektrolisis 2-kompartemen. Magnesium dipisahkan dari matriks air laut ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  sebagai kation dan  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  sebagai anion) dalam bentuk pasta putih  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ . Pada sel elektrolisis 2-kompartemen, sistem membentuk NaOH yang membantu pembentukan endapan magnesium hidroksida. NaOH larut sempurna ke dalam air membentuk kation-anion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{OH}^-$ , sedangkan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  dengan  $K_{sp}$  sebesar  $1,8 \times 10^{-11}$  mengendap [10]. Pembentukan NaOH selama elektrolisis menjadi fasilitator pengendapan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  [8]. Seberapa banyak keberadaan NaOH yang menjadi fasilitator pembentukan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  menjadi sangat penting untuk diteliti.

Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan bahwa  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  dapat terbentuk melalui proses elektrolisis dengan sistem  $\text{C} | \text{NaOH} || \text{MgSO}_4, \text{NaCl} | \text{C}, \text{Mg}(\text{OH})_2$  yang terbentuk dianalisis menggunakan FTIR dan AAS. Penelitian juga diharapkan dapat menentukan pengaruh NaOH dalam pembentukan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .

## 2. Metode Penelitian

### Alat dan bahan

Alat yang digunakan adalah sel elektrolisis 2-kompartemen, multimeter digital merk DT 890 B, kabel, pipa U, power supply, peralatan gelas standar penelitian, stopwatch, alat AAS dan alat spektroskopi FTIR, sedangkan bahan yang digunakan adalah batang grafit, akuades, agar-agar putih, kristal NaCl p.a, kristal  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  p.a, kristal NaOH dan indikator fenolftalein.

### Elektrolisis model pekatan air laut

Sel elektrolisis dengan elektrode grafit pada katode maupun anode beserta tabung U yang sudah berisi jembatan garam disiapkan. Jembatan garam dibuat dari agar-agar putih yang dilarutkan ke dalam campuran akuades dan KCl. Larutan campuran  $\text{MgSO}_4$  dengan NaCl dituangkan ke dalam tabung U sebagai kompartemen katode. Sedangkan kompartemen anode berisi larutan NaOH dengan konsentrasi 0,25 M. Sel elektrolisis dihubungkan dengan power supply bertegangan sebesar 3V selama 4 jam. Proses elektrolisis dilakukan pada suhu kamar. Setelah proses elektrolisis selesai, endapan yang dihasilkan disaring, dicuci, dikeringkan dan ditimbang. Perlakuan tersebut diulang untuk variasi tegangan terpasang 6, 7,5, 9, 12 dan 13,8 volt serta variasi konsentrasi 0,2; 0,15; 0,1; 0,05 dan 0,01M. Setiap variasi dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan. Endapan hasil elektrolisis dianalisis menggunakan AAS dan FTIR.

## 3. Hasil dan Pembahasan

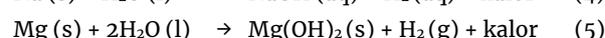
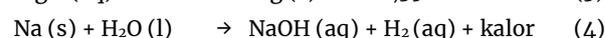
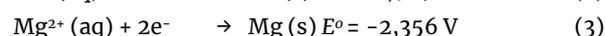
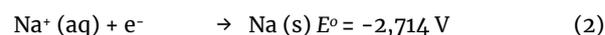
### Proses elektrolisis larutan $\text{MgSO}_4$

Pembentukan endapan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  dari larutan  $\text{MgSO}_4$  dilakukan dengan metode elektrolisis. Secara kualitatif  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  yang dihasilkan berupa padatan putih yang pada saat elektrolisis berupa pasta putih terendapkan di kompartemen katodik sedangkan secara kuantitatif dapat dilihat dari massa  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .

Pada elektrolisis, sumber arus DC mengalirkan elektron ke katode yang mengakibatkan kation mengalami reduksi. Reaksi reduksi  $\text{H}^+$  di katode:



Akibat reduksi tersebut, katode kekurangan muatan positif sehingga kation  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  yang terdapat di sekitar katode menggantikan  $\text{H}^+$ . Ion  $\text{Na}^+$  beserta  $\text{Mg}^{2+}$  dari larutan mengalir menuju elektroda (katode).  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  juga tereduksi, seperti persamaan reaksi (2) dan (3), bereaksi dengan  $\text{H}_2\text{O}$  membentuk NaOH dan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  serta masing-masing reaksi tersebut menghasilkan gas berupa  $\text{H}_2$  dan melepaskan kalor (Q) seperti pada persamaan reaksi (4) dan (5).



Terbentuknya  $\text{H}_2$  ditunjukkan dengan adanya gelembung gas yang timbul di katode. Pembentukan basa NaOH dan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  ditandai dengan indikator pp yaitu dengan penampakan warna merah muda di sekeliling katode pada menit ke 15. Warna merah muda ini lama kelamaan menyebar dan konstan. Perubahan warna indikator pp di katode menunjukkan waktu pembentukan basa pada kompartemen katode.

Keberadaan NaOH tidak mengganggu pembentukan endapan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  karena  $\text{Mg}^{2+}$  dapat dipisahkan dari  $\text{Na}^+$  dalam bentuk padatan hidroksida dan tidak berdasarkan perbedaan voltase karena voltase keduanya sangat berdekatan yaitu  $-2,714 \text{ V}$  ( $\text{Na}^+ | \text{Na}$ ) dan  $-2,363 \text{ V}$  ( $\text{Mg}^{2+} | \text{Mg}$ ). NaOH mudah larut dalam air dan terdisosiasi membentuk ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{OH}^-$  kembali (persamaan reaksi 6). Semakin tinggi konsentrasi NaOH yang terbentuk pada kompartemen katodik maka ketersediaan  $\text{OH}^-$  pada kompartemen katodik semakin banyak dan dapat menekan kesetimbangan reaksi, sehingga reaksi pada persamaan (7) bergeser ke arah  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  berakibat memperkecil kelarutan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  dan membuat NaOH berfungsi sebagai fasilitator.  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  mula-mula terbentuk di sekeliling katode kemudian membentuk padatan koloidal yang bergabung menjadi padatan sejati dan turun ke permukaan.

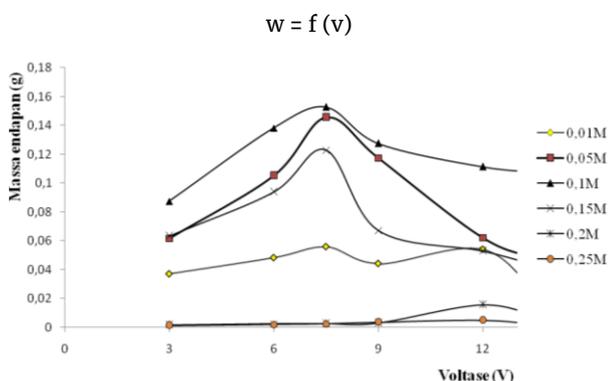


Pada anode, anion melepaskan elektron sehingga terjadi oksidasi  $\text{Cl}^-$  menjadi gas  $\text{Cl}_2$  yang ditunjukkan dengan gelembung gas yang timbul disekitar anode. Setiap terjadi oksidasi, anode kekurangan muatan negatif dan digantikan oleh ion  $\text{Cl}^-$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$  disekitarnya sehingga terjadi aliran ion-ion negatif dari larutan ke anode. Pada awal proses elektrolisis gas  $\text{Cl}_2$  masih berada di dasar elektroda, pada menit ke 15 muncul warna kuning kehijauan yang menyebar dan lama kelamaan berbau menyengat khas gas klor, menandakan bahwa  $\text{Cl}^-$  mulai teroksidasi menjadi gas  $\text{Cl}_2$ . Karbon di anode mulai rontok dan secara perlahan warna kuning kehijauan

semakin pekat dan menjadi coklat pada menit terakhir. Hal ini dikarenakan kuat arus pada saat elektrolisis semakin besar mengakibatkan produksi gas  $Cl_2$  meningkat dan larutan di kompartemen anode semakin pekat karena  $H_2SO_4$  yang terbentuk dari ion  $SO_4^{2-}$  bereaksi dengan  $H^+$ .  $H^+$  diperoleh dari oksidasi  $H_2O$ . Keberadaan  $H_2SO_4$  yang semakin pekat pada kompartemen anode dinetralsir melalui pembentukan  $SO_2$  dan  $CO_2$  hasil reaksi anode karbon dengan sulfat, sehingga warna larutan di kompartemen anodik menjadi coklat pekat.

**Pengaruh voltase terpasang terhadap massa  $Mg(OH)_2$  yang dihasilkan**

Pada proses pembentukan  $Mg(OH)_2$  dari larutan campuran antara  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  dengan  $NaCl$  dipengaruhi oleh voltase yang digunakan pada proses elektrolisis. Hubungan voltase dan massa endapan ditunjukkan pada Gambar 1 yang menunjukkan bahwa setiap voltase menghasilkan massa endapan yang berbeda. Hal ini dapat disimpulkan bahwa massa endapan merupakan fungsi voltase.



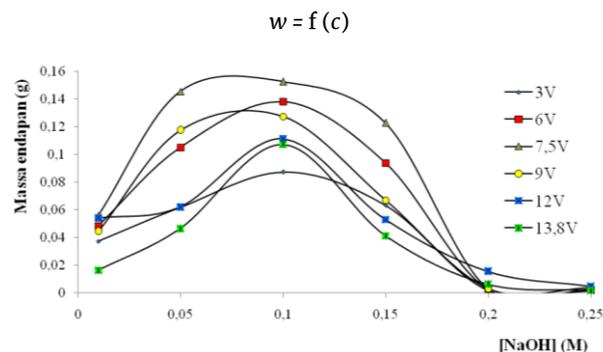
Gambar 1. Kurva massa endapan  $Mg(OH)_2$  terhadap perubahan voltase terpasang

Berdasarkan Gambar 1, penggunaan voltase 3 - 7,5 volt tampak ada peningkatan endapan yang diperoleh, voltase berbanding lurus dengan massa endapan. Voltase tinggi menyebabkan kuat arus meningkat, sehingga ketersediaan  $OH^-$  banyak dan berakibat  $Mg(OH)_2$  semakin mudah terbentuk. Penggunaan voltase diatas 7,5 volt terjadi penurunan endapan, karena pada voltase tinggi terjadi persaingan reaksi. Pembentukan gelembung gas pada voltase tinggi lebih banyak daripada produksi logam  $Mg$  dan  $Na$ , karena produksi gas memiliki potensial sel lebih rendah dari potensial reduksi  $Na^+$  maupun  $Mg^{2+}$ . Gelembung gas semakin meningkat dapat menutupi semua bagian elektroda, sehingga menghalangi jalannya  $Na^+$  maupun  $Mg^{2+}$  ke elektroda, berakibat reduksi  $Na^+$  maupun  $Mg^{2+}$  menjadi sulit. Penurunan ketersediaan  $Na$  dan  $Mg$  berdampak pada endapan yang diperoleh pada elektrolisis lebih sedikit.

**Pengaruh kuat arus terhadap endapan  $Mg(OH)_2$  yang dihasilkan**

Berdasarkan pengamatan pada elektrolisis bervoltase 7,5 volt, pengaruh konsentrasi  $NaOH$  anodik pada banyaknya endapan  $Mg(OH)_2$  yang dihasilkan seperti tercantum dalam Gambar 2. Pola Grafik 2 menunjukkan bahwa pengaruh konsentrasi  $NaOH$

terhadap massa endapan tidak linier, karena pada konsentrasi tinggi terjadi reaksi persaingan. Hal ini dapat disimpulkan bahwa massa endapan merupakan fungsi konsentrasi.

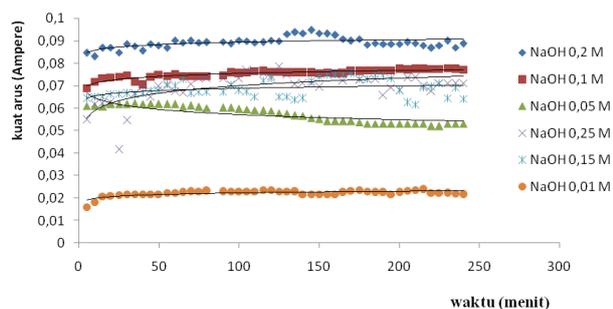


Gambar 2. Kurva massa endapan terhadap variasi konsentrasi

Gambar 2 menunjukkan bahwa penggunaan  $NaOH$  berkonsentrasi 0,01 M - 0,1 M terdapat peningkatan massa endapan  $Mg(OH)_2$ , semakin besar konsentrasi  $NaOH$  berarti semakin banyak ketersediaan ion  $Na^+$  yang mengalir menuju katode dan berakibat semakin banyak basa kuat  $NaOH$  yang terbentuk di katode (persamaan reaksi 6). Pada penggunaan  $NaOH$  berkonsentrasi 0,15; 0,2 dan 0,25 M massa endapan  $Mg(OH)_2$  ternyata mengalami penurunan. Semakin tinggi konsentrasi  $NaOH$  di anode, ketersediaan  $Na^+$  di katode pun semakin meningkat dan lebih mudah tereduksi membentuk  $Na$ . Ketersediaan  $Na$  yang besar, ternyata membuat  $OH^-$  lebih mudah bereaksi dengan  $Na$  hasil reduksi  $Na^+$  daripada  $Mg$ , mengakibatkan pembentukan  $NaOH$  lebih mudah terbentuk daripada pembentukan  $Mg(OH)_2$ . Selain itu, meningkatnya ketersediaan  $NaOH$  di anode, menyebabkan peningkatan kuat arus. Arus tinggi banyak digunakan untuk pembentukan gas. Gas menutupi permukaan katode sehingga reduksi  $Mg^{2+}$  menjadi sulit dan pembentukan  $Mg(OH)_2$  pun menurun.

**Pengaruh pertambahan waktu terhadap kuat arus yang dihasilkan**

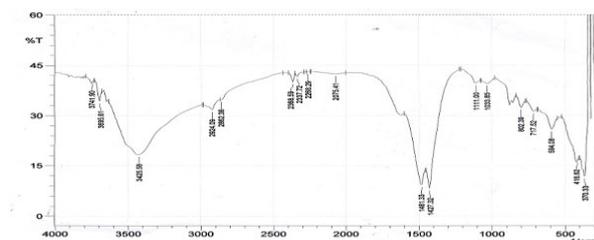
Pada tiap variasi konsentrasi  $NaOH$  menghasilkan arus yang berbeda, karena besarnya hantaran listrik bergantung pada jumlah ion efektif yang dapat menghantarkan arus. Gambar 3 menunjukan bahwa kuat arus mengalami kenaikan dan penurunan. Kenaikan kuat arus diakibatkan oleh konsentrasi ion pada anode dan katode semakin bertambah besar (pekat) yang berpengaruh terhadap peningkatan konduktansi dan penurunan resistansi. Jumlah resistansi yang menurun berakibat kuat arus meningkat. Penurunan kuat arus disebabkan ada pengurangan jumlah ion yang terdapat pada masing-masing kompartemen berkurang. Selain itu, seiring meningkatnya waktu gelembung gas yang dihasilkan semakin banyak sehingga menutup permukaan elektroda dan menghambat aliran ion ke elektroda.



Gambar 3. Perubahan kuat arus tiap-tiap satuan waktu

**Penentuan rendemen dan kadar magnesium pada elektrolisis sistem C|NaOH || MgSO<sub>4</sub>,KCl |C**

Pembentukan Mg(OH)<sub>2</sub> sangat dipengaruhi oleh adanya NaOH sehingga tiap konsentrasi NaOH menghasilkan rendemen dan kemurnian yang berbeda-beda. Rendemen yang dihasilkan pada penggunaan NaOH konsentrasi 0,01; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2 dan 0,25M berturut-turut sebesar 93,48; 97,71; 99,41; 91,56; 60,11 dan 45,04 %. Kadar magnesium ditunjukkan oleh hasil AAS adalah berturut-turut sebesar 51,96; 52,17; 55,12; 51,76; 55,06 dan 50,83 %. Sementara hasil analisis spektroskopi FTIR endapan Mg(OH)<sub>2</sub> ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. spektra Mg(OH)<sub>2</sub> hasil elektrolisis

Spektra pada bilangan gelombang 3425,58 cm<sup>-1</sup> memberikan informasi bahwa sampel mengandung –OH ikatan hidrogen, sedangkan keberadaan –OH stretching Mg(OH)<sub>2</sub> ditunjukkan pada bilangan gelombang 3695,61 cm<sup>-1</sup> sesuai dengan daerah Mg(OH)<sub>2</sub> standar Aldrich yaitu 3650–3700 cm<sup>-1</sup>. Keberadaan ikatan Mg–O ditunjukkan dengan bilangan gelombang 470,63 cm<sup>-1</sup>. Adanya kemiripan bentuk spektra, puncak spektra dan overtone yang dihasilkan dapat membuktikan bahwa endapan yang dihasilkan pada penelitian ini adalah Mg(OH)<sub>2</sub>.

**4. Kesimpulan**

Endapan Mg(OH)<sub>2</sub> dapat terbentuk melalui elektrolisis sistem C | NaOH || MgSO<sub>4</sub>, NaCl | C. Pembentukan Mg(OH)<sub>2</sub> dipengaruhi oleh NaOH, peningkatan NaOH sampai konsentrasi tertentu dapat meningkatkan massa Mg(OH)<sub>2</sub>. Bergantung pada penggunaan konsentrasi NaOH di kompartemen anode, rendemen Mg(OH)<sub>2</sub> tertinggi yaitu 99,41% dengan kadar Mg sebesar 55,12 % didapatkan melalui penggunaan NaOH 0,1M bervoltase 7,5 V.

**5. Daftar Pustaka**

[1] Lev Ivanovich Antropov, Theoretical electrochemistry, Mir, 1972.

[2] Walt Pyle, Jim Healy, Reynaldo Cortez, Solar hydrogen production by electrolysis, *Home power*, 39, (1994) 32-38

[3] A. S. Bhatti, D. Dollimore, A. Dyer, Magnesia from seawater: a review, *Clay Minerals*, 19, (1984) 865-875

[4] Alan G. Sharpe, Inorganic Chemistry, in, Longman Group Ltd, Essex, 1992.

[5] Günter Dietrich, General oceanography: an introduction, Wiley, 1980.

[6] M. Whitfield, Daniel Jagner, Marine Electrochemistry: A Practical Introduction, John Wiley & Sons, Chichester, 1981.

[7] Frank Albert Cotton, Geoffrey Wilkinson, Advanced Inorganic Chemistry, John Wiley & Sons, Incorporated, 1988.

[8] W. H. Rahmanto, M. Asy'ari, Rame, Marihati, Sel Elektrolisis 2-Kompartemen untuk Ekstraksi Magnesium dan Sulfat dari Sistem Larutan MgSO<sub>4</sub>-KCl-H<sub>2</sub>O, in: Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia, Semarang, 2006.

[9] O. L. Maddan, Apparatus and method for producing magnesium from seawater, in, Google Patents, United States, 2001.

[10] G. Svehla, Vogel - Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro, edisi 5 ed., PT. Kalman Media Pusaka, Jakarta, 1985.