

Optimalisasi Pemakaian NaOH dan HCl untuk Regenerasi Resin *Two Bed Water Treatment Plant*

Hadi Saroso

Departemen Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta 64145, Malang, Indonesia,

Email: hadi.saroso@polinema.ac.id

Abstrak

Salah satu dari proses regenerasi resin adalah *chemical in*, yaitu proses dimana resin akan diinjeksi dengan bahan kimia agar dapat mengembalikan ion H^+ dan OH^- sehingga kemampuan penyerapan mineral pada resin kembali baik. Dalam proses *chemical in* terjadi adanya inovasi standar waktu yang berbeda dengan pompa, sehingga proses di lapangan tidak bisa mengikuti instruksi kerja yang masih sama dengan sistem pompa. Selain waktu yang tidak sesuai pemakaian bahan kimia juga terpengaruh menjadi lebih sedikit menurut rekomendasi NALCO, hal ini dapat memberikan peluang untuk dijadikan inovasi berupa efisiensi pemakaian bahan kimia pada proses *chemical in*. Permasalahan dan peluang untuk meningkatkan efisiensi pemakaian bahan kimia diatas terjadi karena kondisi perpindahan komponen dari pompa ke ejektor perlu adanya penyesuaian ketentuan, dan juga perhitungan yang lebih detil mengenai pemakaian bahan kimia untuk penghematan bahan kimia karena jika diterapkan rekomendasi NALCO maka keuntungan perusahaan dapat menghemat 200 kg. Sedangkan perhitungan tersebut masih bisa diefisiensikan lagi. Solusi yang dapat dilakukan untuk dapat meningkatkan nilai efisiensi pemakaian bahan kimia adalah bekerja sama dengan pihak laboratorium PT. PJB UP Paiton Unit 1 dan 2 dalam perhitungan pemakaian bahan kimia dan menentukan nilai paling efisien injeksi bahan kimia agar dapat menghemat lebih banyak bahan kimia. Dan jika percobaan berhasil maka akan dilakukan perubahan instruksi kerja.

Kata kunci : *regenerasi, chemical in, ejector*, pemakaian NaOH dan HCl

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Dalam sebuah PLTU komponen utama pembangkit listrik adalah adanya bahan bakar dan air sebagai inputan yang nantinya akan menghasilkan listrik melalui gerakan turbin. Untuk menghasilkan uap maka diperlukan air, dalam hal ini air yang digunakan merupakan air demineralisasi (*demin*) yang di produksi dari *Water Treatment Plant*.

Pembuatan air demineral di *Water Treatment Plant* menggunakan *ion exchanger* kation dan anion. Kualitas air demin yang dihasilkan sangat di pengaruhi oleh kualitas resin yang terdapat dalam *ion exchanger*, resin ini juga mempunyai batas kemampuan untuk menyerap ion-ion pengotor atau biasadisebut dengan tingkat kejenuhan, jika parameter air demin yang keluar dari *ion exchanger* melewati batas standar yang telah ditentukan maka dapat dikatakan resin yang terdapat pada *ion exchanger* telah jenuh. Maka pada saat itulah dilakukan regenerasi yang bertujuan untuk mengembalikan kinerja kerja resin itu sendiri.

Proses regenerasi ada beberapa tahap yang biasa dilakukan di *Water Treatment Plant* PLTU UP Paiton Unit 1 dan 2 yaitu *back wash, chemical*

injection, slow rinse, fast rinse atau *final rinse*. Pada Tugas Akhir kali ini bertujuan untuk mengoptimalkan pemakaian bahan kimia yang dipakai pada proses *chemical injection*. Sampai sekarang pemakaian bahan kimia yang digunakan belum optimal, ini dikarenakan jumlah bahan kimia yang digunakan terlalu banyak dikarenakan instruktur kerja yang digunakan masih menggunakan instruktur kerja yang lama dengan menggunakan pompa untuk HCL dan NaOH sedangkan di lapangan telah menggunakan sistem ejector. Jika proses ini tidak optimal maka dapat mempengaruhi kinerja waktu servis *ion exchanger* dan pemborosan pemakaian bahan kimia.

Berlandaskan data yang kami ambil dari laboratorium NALCO kami melakukan perhitungan dan membuktikan jumlah bahan kimia yang paling optimal dari percobaan dan data yang di dapat dari lapangan. Hasil yang diperoleh dari kegiatan ini adalah dapat ditentukannya jumlah bahan kimia yang sesuai dalam proses *chemical injection* serta meningkatnya kinerja resin dalam *ion exchanger* yang dibuktikan dari lamanya waktu servis dari 17 - 20 jam per satu kali proses regenerasi.

1.2. Regenerasi *Water Treatment Plant*

Regenerasi adalah proses pertukaran timbal balik antara ion yang terdapat di dalam air dengan ion yang ada pada resin. Ion exchange resin penukar ion adalah suatu senyawa organik berstruktur tiga dimensi dengan ikatan silang dan mempunyai gugus-gugus fungsi yang dapat terionisasi (Petrucci, dkk. 1987). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa resin penukar ion terdiri dari fase organik padat yang tidak dapat larut dalam air yang padanya terikat ion-ion bermuatan. Ion-ion inilah yang dapat ditukarkan dengan ion-ion lain. Electroda Data Interchange (EDI) merupakan perkembangan dari ion exchange system dimana sebagai pengikat ion (+) dan (-) dipakai juga elektroda disamping resin (Syarifuddin, dkk. 2002). Jika proses regenerasi berjalan maksimal maka kualitas air demin yang dihasilkan juga maksimal. Proses regenerasi sangat dipengaruhi oleh kualitas resin.

Pertukaran ion melibatkan butiran-butiran resin dengan permukaan yang bermuatan positif (kation) atau negatif (anion). Biasanya resin-resin tersebut memiliki pori-pori kecil untuk menambah luas permukaan kontak. Sebagai contoh gambaran, salah satu jenis resin *ion exchange* adalah berupa molekul ikatan hidrokarbon kompleks yang sangat panjang dengan ujung rantai mengikat ion H^+ untuk resin kation, dan OH^- untuk resin anion.

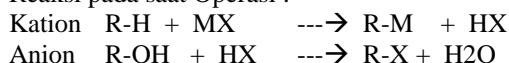
Pada proses ekstraksi protein, resin *ion exchange* dikemas ke dalam sebuah wadah kolom, dan diisi dengan larutan penyetimbang (*equilibration buffer*). Larutan penyetimbang ini mengisi sela-sela kosong antara butiran resin serta menyelimuti permukaan pori tiap-tiap butirannya. Kekuatan ion dan pH larutan penyetimbang dijaga pada angka khusus, sehingga pada saat sampel campuran dimasukkan ke dalam kolom resin, hanya ion-ion molekul protein sasaran yang terikat oleh molekul resin. Pengontrolan nilai pH ini sangat penting karena molekul-molekul protein tersusun atas ion-ion asam amino yang kekuatan muatannya sangat bergantung terhadap pH lingkungannya

Ada 2 macam resin penukar ion yaitu :

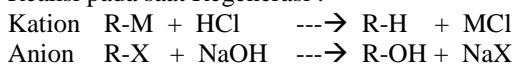
1. Anion exchange resin (resin penukar anion), yaitu resin yang mempunyai kemampuan menyerap/menukar anion-anion yang ada didalam air. Resin ini biasanya berupa gugus amin aktif. Misalnya : $R-NH_2$ (Chang, Raymond. 2004:181).
2. Cation exchange resin (resin penukar kation), yaitu resin yang mempunyai kemampuan menyerap/menukar kation-kation seperti Ca, Mg, Na dsb. Yang ada dalam air. Contoh : Hidrogen zeolith (H_2Z), resin organik yang mempunyai gugus aktif $SO_3H(R.SO_3H)$ dan sulfonated coal (Chang, Raymond. 2004:180).

a. Mekanisme Reaksi

Reaksi pada saat Operasi :



Reaksi pada saat Regenerasi :



b. Pemakaian Bahan Kimia NaOH dan HCL

Jika berdasarkan Instruksi kerja yang sudah dijalankan maka jumlah dari pemakaian bahan kimia NaOH dan HCL sebanyak 2,2 ton. Sedangkan hal ini jauh berbeda dengan rekomendasi yang diberikan NALCO pada saat menganalisa kemampuan penyerapan resin terhadap bahan kimia. Rekomendasi yang diberikan NALCO untuk pemakaian bahan kimia adalah sebanyak 1,7 ton NaOH hingga 4 ton, sehingga dapat dilihat bahwa hanya dengan pemakaian 1,7 ton resin dapat menyerap H^+ dan OH^- pada kation dan anion.

Dari gambar diatas didapatkan bahwa jika dibandingkan bahan kimia sisa yang tidak terserap oleh resin jika menggunakan instruksi kerja sangat tidak efisien sebesar < 500 kg sehingga hal ini perlu adanya identifikasi untuk lebih menghemat pemakaian bahan kimia. Anton J. Hartono, Prof. Konrad Drorfner *Iptek* 1995.

1.3. Revisi Instruksi Kerja

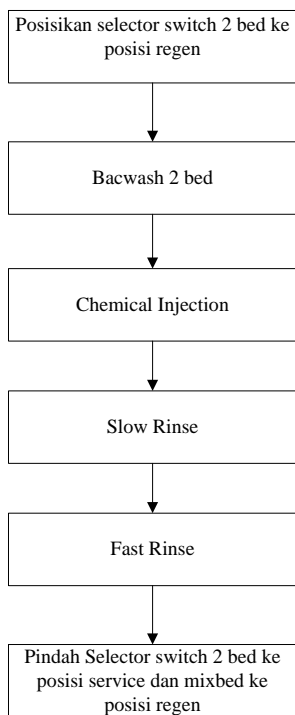
Instruksi kerja sudah tidak relevan untuk digunakan dalam operasi saat ini dikarenakan adanya modifikasi peralatan dari regent metering pump menjadi ejektor maka parameter yang dipakai sudah jelas berbeda, jika pompa bisa diatur kecepatan injeksi bahan kimia 45 menit namun dengan ejektor tidak bisa diatur kecepatan berapa injeksi kimia akan berjalan.

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian dilakukan pengambilan data regenerasi resin anion kation pada water treatment plant PLTU UP Paiton 1 dan 2. Penelitian ini akan dilakukan untuk mengetahui besarnya efisiensi pemakaian atau injeksi bahan kimia HCl dan NaOH untuk meregenerasi resin yang sudah jenuh karena terpakai di water treatment plant.

Perhitungan optimalisasi regenerasi resin two bed ini sendiri dilakukan untuk menghemat pemakaian bahan kimia yang digunakan sebagai ejector dari kation dan anion exchanger. Hasil dari penelitian ini akan dibutuhkan untuk penghematan bahan kimia NaOH dan HCl yang digunakan untuk meregenerasi resin.

Jika kondisi diatas sudah tercapai, maka dapat disimpulkan bahwa resin tidak jenuh dan masih dapat mengikat ion-ion positif maupun negatif. Jika kondisi diatas tidak tercapai maka perlu dilakukan proses regenerasi resin dengan injeksi bahan kimia yaitu NaOH dan HCl. Regenerasi ini



Gambar 3. Skema kerja

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil tona NaOH dan HCl yang optimal

Kami menggunakan sebanyak 10 jumlah tonase dari 1.750, 1.800, 1.850, 1.900, 1.950, 2.000, 2.050, 2.100, 2.150, dan 2.200 kilogram. Kami melakukan percobaan regenerasi dengan variable diatas untuk mendapatkan hasil yang optimal. Pada variabel 1.750, 1.800, 1.850 dan 1.900 kg tidak ada yang mendapatkan hasil Conductivity dan kandungan silica yang sesuai dengan instruksi kerja di PT. PJB UP Paiton Unit 1 dan 2. Oleh karena itu, pada saat operasi kami tidak menggunakan jumlah tonase 1.750 – 1.900 kg dikarenakan Conductivity dan kandungan silica pada Kation dan Anion Exchanger tidak sesuai dengan instruksi kerja yang ada.

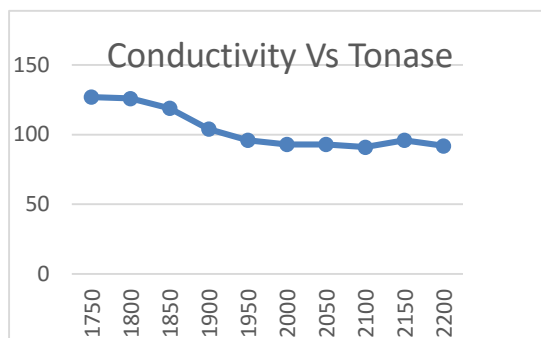
Dari data pengamatan didapatkan jumlah tonase yang optimal yaitu 2.000 kg. Hal ini dikarenakan hasil yang didapat dengan menggunakan tonase 2.000 kg sesuai dengan instruksi kerja yang digunakan oleh PT. PJB UP Paiton Unit 1 dan 2. Instruksi kerja yang ada menyatakan bahwa Conductivity pada Kation Exchanger < 100 µS/cm, sedangkan pada Anion Exchanger adalah :

- a. Specific Conductivity < 20 µS/cm
- b. Kandungan SiO₂ < 500 ppb

Adapun ketentuan kedua adalah life time operation. Life time operation yang sesuai dengan instruksi kerja yang ada adalah antara 17-20 jam.

Jika Conductivity dan kandungan silica pada Kation Exchanger dan Anion Exchanger telah sesuai dengan instruksi kerja serta life time operation juga antara 17-20 jam, maka akan dilakukan perbandingan untuk mendapatkan jumlah tonase yang paling efisien. Hasil yang paling efisien adalah hasil yang paling sedikit namun dapat mencapai kondisi yang diinginkan yaitu sesuai dengan instruksi kerja yang digunakan oleh PT.PJB UP Paiton Unit `1 dan 2.

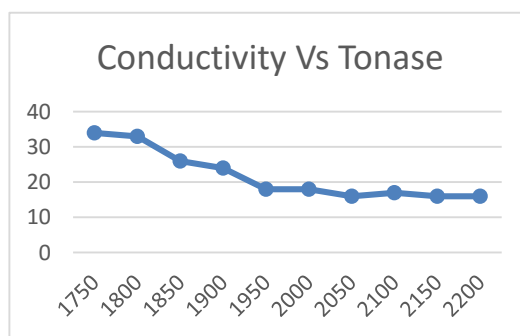
Dari data pengamatan didapatkan grafik yang menunjukkan hasil yang optimal. Berikut adalah grafik perbandingan Conductivity pada Kation Exchanger pada saat regenerasi.



Gambar 4 Grafik Conductivity pada Kation Exchanger

Dari gambar 4 didapatkan hasil bahwa tonase dari 1.750 – 1.900 kg memiliki Conductivity diatas 100 µS/cm. Hal ini tidak sesuai dengan instruksi kerja yang ada sehingga tidak dapat dilakukan pengamatan pada saat operasi. Sedangkan pada 1.950 – 2.200 kg memiliki Conductivity dibawah 100 µS/cm. Oleh karena itu dapat dilakukan pengamatan pada saat operasi dengan menggunakan tonase 1.950 – 2.200 kilogram.

Selanjutnya adalah grafik perbandingan Conductivity pada Anion Exchanger pada saat regenerasi.

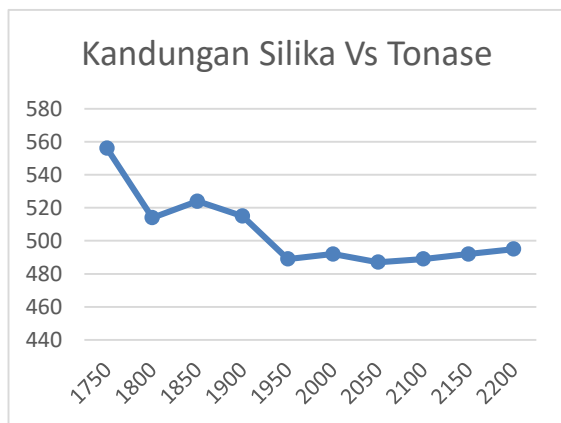


Gambar 5. Grafik Conductivity pada Anion Exchanger

Dari gambar 5 didapatkan hasil bahwa tonase dari 1.750 – 1.900 kilogram memiliki Conductivity diatas 20 µS/cm. Hal ini tidak sesuai dengan instruksi kerja yang ada sehingga tidak dapat dilakukan pengamatan pada saat operasi. Sedangkan pada 1.950 – 2.200 kilogram memiliki Conductivity

dibawah 20 µS/cm. Oleh karena itu dapat dilakukan pengamatan pada saat operasi dengan menggunakan tonase 1.950 – 2.200 kilogram.

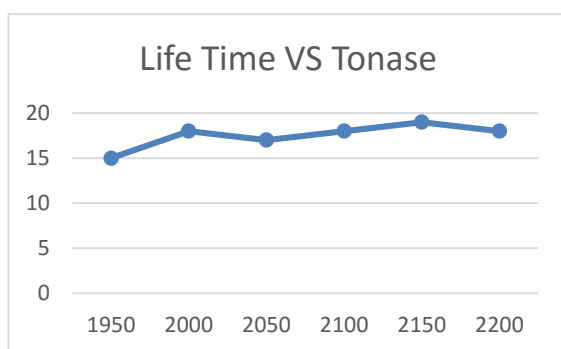
Selanjutnya adalah grafik perbandingan Kandungan Silika pada Anion *Exchanger* pada saat regenerasi.



Gambar 6. Grafik Kandungan Silika pada Anion *Exchanger*

Dari gambar 6 didapatkan hasil bahwa tonase dari 1.750 – 1900 kilogram memiliki Kandungan Silika diatas 500 ppb . Hal ini tidak sesuai dengan instruksi kerja yang ada sehingga tidak dapat dilakukan pengamatan pada saat operasi. Sedangkan pada 1.950 – 2.200 kilogram memiliki Kandungan Silika dibawa h500 ppb. Oleh karena itu dapat dilakukan pengamatan pada saat operasi dengan menggunakan tonase 1.950 – 2.200 kilogram.

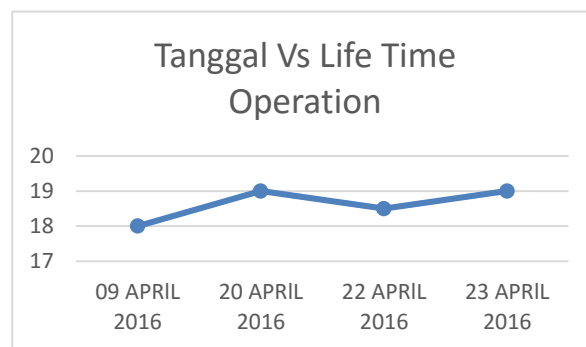
Selanjutnya adalah pengamatan pada saat operasi. Hal ini bertujuan untuk membandingkan life time operation dengan jumlah tonase untuk mendapatkan hasil yang optimal atau jumlah tonase yang paling efisien. Dari hasil pengamatan pada saa toperasi didapatkan tabel yang menunjukkan perbandingan *tonase* dengan *life time operation*.



Gambar 7. Grafik *Life Time Operation* pada Anion dan Kation *Exchanger*

Dari hasil gambar 7 didapatkan bahwa dengan tonase 1.950 kilogram didapatkan *life time operation* yang kurang dari 17 jam. Dan dari grafik diatas didapatkan bahwa tonase 2.000 kilogram mendapatkan *life time operation* 18 jam.

Hal ini sekaligus menjelaskan bahwa dengan tonase 2.000 kilogram dapat mencapai kondisi yang sesuai dengan instruksi kerja dari PT. PJB UP Paiton Unit 1 dan 2. Setelah didapatkan hasil diatas kami berkoordinasi dengan pihak laboratorium untuk melakukan percobaan ulang dengan menggunakan tonase 2.000 kilogram, percobaan ini dilakukan untuk mengetahui apakah dengan tonase 2.000 kilogram dapat mendapatkan hasil yang sama secara terus-menerus.



Gambar 8. Grafik *Life Time Operation* dengan tanggal tertentu

Dari gambar 8 didapatkan hasil bahwa dengan menggunakan tonase 2.000 kilogram dapat mencapai *life time operation* diatas 17-20 jam terbukti dengan 4 kali percobaan dengan menggunakan tonase yang sama. Oleh karena itu berdasarkan hasil yang didapatkan dan setelah berkoordinasi dengan pihak laboratorium PT. PJB UP Paiton Unit 1 dan 2 maka pihak laboratorium akan merevisi instruksi kerja yang lama. Instruksi kerja yang lama menggunakan tonase 2.200 kilogram untuk regenerasi, sedangkan dengan hasil terbaru menggunakan tonase 2.000 kilogram sudah cukup untuk mencapai kondisi yang diinginkan.

3.2. Perhitungan pemakaian NaOH dan HCl

Untuk mengetahui apakah pemakaian HCl dan NaOH sudah memenuhi kapasitas resin untuk menangkap bahan kimia atau tidak maka pihak laboratorium PT. PJB UP Paiton Unit 1 dan 2 menganjurkan kami untuk menghitung berapakah jumlah NaOH dan HCl yang paling efisien untuk data pihak laboratorium PT. PJB UP Paiton Unit 1 dan 2 dikarenakan ada perbedaan tonase yang awalnya 2.200 kilogram menjadi 2.000 kilogram. Data yang dibutuhkan untuk perhitungan menghasilkan

1. Jumlah Penyerapan Natrium Hidroksida (HCl)
 $HCl \text{ yang terserap resin} = \text{Kebutuhan reagen} - \text{Sisa HCl} = 2.355 \text{ kg} - 647,79 \text{ kg} = 1.687,21 \text{ kg}$
2. Jumlah Penyerapan Natrium Hidroksida (NaOH)
 $NaOH \text{ yang terserap resin} = \text{Kebutuhan regen} - \text{Sisa NaOH} = 2.173,5 - 854,77 \text{ kg} = 1.318,77 \text{ kg}$

3.3. Keuntungan Finansial

Apabila hasil dilakukan maka setiap kali proses regenerasi dilakukan dapat menghemat bahan kimia NaOH dan HCl sebanyak 200 kilogram, sehingga dapat menghemat financial pabrik. Harga NaOH dari pihak ketiga untuk 1 kilogramnya sebanyak Rp. 3.847,00 dan jika dikalikan 200 kilogram adalah Rp. 767.400,00. Harga HCl dari pihak ketiga untuk 1 kilogramnya adalah Rp. 1.990,00 dan jika dikalikan 200 kilogram adalah Rp. 398.000,00. Jika ditambahkan keuntungan dari HCl dan NaOH adalah Rp. 1.165.400,00 untuk 1 kali regenerasi.

Tabel 1 Perhitungan keuntungan financial untuk sekali regenerasi

Bahan Kimia	Harga (Rp/Kg)	Total Keuntungan
NaOH	Rp. 3.847,00	Rp. 767.400,00
HCl	Rp. 1.990,00	Rp. 398.000,00
Total Keseluruhan		Rp. 1.165.400,00

Jadi, total keuntungan yang didapat untuk sekali regenerasi adalah Rp. 1.165.400,00.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Dari pembahasan diatas dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

1. Instruksi kerja mengenai waktu injeksi kimia sudah tidak relevan untuk diaplikasikan dan harus diganti dengan fungsi level pemakaian bahan kimia, dikarenakan peralihan peralatan pompa keejector dan perlu diberi saran yang telah ada.
2. Jumlah HCl yang terserap resin adalah 1.687,21 kg. Jumlah NaOH yang terserap resin adalah 1.318,77 kg
3. Hasil dari perhitungan bahan kimia secara manual memiliki nilai pemakaian bahan kimia yang paling efisien dari perhitungan rekomendasi NALCO dan Instruksi Kerja dengan jumlah NaOH 2000 kg dan HCL 2000 kg, dan dapat menghemat sekitar Rp. 1.165.400,00 untuk sekali regenerasi.

4.2. Saran

1. Bagi pihak perusahaan lebih bisa menempatkan buku pedoman operasional maupun pemeliharaan unit pembangkit secara teratur.

2. Lebih meningkatkan pengoperasian alat laboratorium secara maksimal.
3. Pihak operator lebih bisa mengatasi masalah pada saat regenerasi.
4. Pihak Laboratorium lebih banyak memberikan referensi kepada peneliti yang sedang melakukan ujian tahap akhir.
5. Instruksi Kerja yang baru dapat diaplikasikan untuk regenerasi kedepannya.

Daftar Pustaka:

- Anton J. Hartono, Prof. Konrad Drorfner *Iptek Penukar Ion, Edisi Pertama*. Andioffset.Yogyakarta 1995.
- Chang, Raymond. 2004.180 *Kimia Dasar*. Jakarta: Erlangga.
- Chang, Raymond. 2004. *Kimia Dasar*. Jakarta: Erlangga.
- Petrucci, Ralph H. 1987. *Kimia Dasar Prinsip Dan Terapan Modern Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Syarifuddin, Nuraini. 2002. *Ikatan Kimia*. Jakarta: Universitas Terbuka