

Studi Produksi Hidrazin VIA Proses Urea

J. P. Sitompul^{*)}

Abstract

The use of hydrazine, N₂H₄, becomes very broad nowadays; in the production of polymer such as automobile air bags, in pharmacy, and in the water treatment for oxygen scavenger. Three commercial processes are available for hydrazine production, i.e. via Raschig-Olin, Ketazin, and Urea process. The operating condition for the later process is very mild compared to with the other two processes and hence requires simple processing equipments. This paper concerns with the kinetic study on production and on the effect of deactivator/ inhibitor during hydrazine bench-scale production via Urea process. Operating conditions are at 1 bar and at temperature range 5-100°C. The yield of hydrazine and its concentration with varying reactants, NaOH, hypochlorite, and urea during the course of reaction are presented. Further, the effect of gelatine as the deactivator toward hydrazine yield is further examined. A kinetic model is proposed and used to predict yield of hydrazine. The predicted yield is in close agreement with the experimental yield.

Key word: hydrazine; bench-scale production; kinetic model; oxygen scavenger; inhibitor, gelatine

Latar Belakang

Hydrazine, N₂H₄ (BM 32), merupakan senyawa hidronitrogen (Laws, 1953, Troyan, 1953, Audrieth and coworkers, Schmidt, 1984) yang paling sederhana dan berupa cairan (liquid). Senyawa ini tersedia di pasaran dalam berbagai komposisi hydrazine hidrat (N₂H₄.H₂O). Senyawa tersebut terdapat dalam bentuk anhydrous, yang juga tersedia di pasaran. Senyawa hydrazine ditemukan pada tahun 1887 oleh Curtius dalam bentuk garam sulfat dari diazoacetic ester dan pada tahun 1893, Thiele mengusulkan oksidasi ammonia dengan hipoklorit untuk menghasilkan hydrazine dan barulah pada tahun 1906 Raschig menunjukkan kondisi proses ini, yang merupakan cikal bakal proses komersial saat ini (Troyan, 1953).

Senyawa hydrazine tidak mempunyai arti yang penting sampai akhir perang dunia II dimana diketahui oleh Sekutu bahwa Jerman memakai senyawa ini (bersama hydrogen peroksida) untuk bahan bakar roket dan untuk menggerakkan pesawat tempur Me 163/262 (Audrieth and Mohr, 1948). Turunan dari hydrazine (Powell, 1968) yang juga banyak dipakai, seperti dalam bentuk methyl dan dimethyl, yaitu mono methyl hydrazine (MMH) dan unsymmetrical dimethyl hydrazine (UMH), yang sangat stabil dibandingkan bentuk hydrazine hidrat. MMH banyak digunakan sebagai bahan bakar missile atau propellant karena sifatnya yang sangat stabil dan energi pembakaran yang tingginya dibandingkan dengan hydrazine. Hal

ini juga menyebabkan sejumlah produk MMH dan UMH diproduksi langsung tanpa melewati pembentukan hydrazine (Olin, 1989).

Indonesia adalah pengguna terbesar keempat dalam menggunakan hydrazine (lihat tabel 1), mulai dari industri polimer sebagai CBA (*chemical Blowing Agent*), ataupun untuk oxygen scavenger sebagai *water treatment* dalam air-boiler atau sistem air-panas. Hydrazine (diamide) adalah reduktor kuat dan banyak diaplikasikan dalam bidang pengolahan air, khususnya dalam sistem boiler/air-panas sebagai *oxygen scavenger*. Sifatnya yang tidak meninggalkan residu/limbah, hasil reaksinya dengan oksigen adalah nitrogen dan air, sangat menguntungkan dibandingkan dengan sulfit yang menghasilkan limbah. Jadi, pemakaian hydrazine dalam sistem boiler mengurangi limbah dan tidak sering di-*blowdown*. Pemakaian hydrazine juga memberikan perlindungan terhadap korosi dalam sistem boiler dan perpipaan karena pembentukan senyawa lapisan pelindung di permukaan besi.

Telah banyak usaha untuk menciptakan proses produksi hydrazine (British, French, German, US Patents), seperti

- *Electrical decomposition* dari senyawa ammonia
- *Electrolytic reduction* dari senyawa amida
- *Controlled oxidation* dari ammonia dengan oksigen atau nitrogen oksida
- Reaksi katalitik molten urea
- Reaksi katalitik nitrogen dan hidrogen

^{*)}Laboratorium Metodika, Perancangan dan Pengendalian Proses
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha 10, Bandung, 40132 E-mail: johnner@termo.pauir.itb.ac.id

Tabel 1 Kebutuhan dan Aplikasi hidrazin di dunia tahun 1996 (Kirk-Othmer, 1997)

| Negara | Jumlah (ton) | | | | |
|---------------------|--------------|-----------|-----------------|------------|-------|
| | CBA | Pertanian | Water Treatment | *Lain-lain | Total |
| AS/Kanada | 1815 | 2495 | 910 | 2040 | 7260 |
| Eropa Barat | 1590 | 3860 | 1905 | 1315 | 8670 |
| Jepang | 2680 | 1135 | 1950 | 365 | 6130 |
| Korea | 3400 | | | | 3400 |
| Indonesia | 1500 | | | | 1500 |
| Taiwan | 680 | | 90 | | 770 |
| Singapura | 270 | | 270 | 320 | 860 |
| Australia | | | 45 | | 45 |
| Afrika/Timur Tengah | | 180 | 410 | 365 | 955 |
| Amerika Latin | 545 | | 500 | 180 | 1225 |
| Total | 12480 | 7670 | 6080 | 4585 | 30815 |

*Farmasi, fotografi, polimer, reduksi logam

Namun demikian proses-proses yang dihasilkan sangat jauh dari konversi yang dapat diterapkan secara komersial (<0.5%) jika dibandingkan dengan 3 proses komersial utama, seperti proses Olin-Raschig, proses urea, Ketazine. Sejumlah sintesis hidrazin secara singkat dapat dilakukan melalui beberapa proses di antaranya dari bahan baku ammonia (proses Raschig dan Olin), urea (proses urea), ketazin (proses ketazin) dan benzophenone. Proses-proses yang ada sekarang didominasi oleh Proses Olin Raschig dan Proses Ketazine dan sedikit pabrik dengan proses urea. Keuntungan proses terakhir ini, kondisi proses yang *mild* sehingga peralatan lebih sederhana dan biaya investasi yang relatif rendah untuk kapasitas produksi rendah (untuk kapasitas <100 ton per tahun berbasis anhydrous hydrazine, Kirk and Othmer, 1966, 1997)

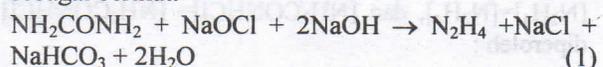
Ketergantungan terhadap impor dan ketergantungan pada proses luar negeri perlu dikurangi dengan menciptakan proses berbasis kemampuan sendiri. Untuk itu, produksi hydrazine *via* proses urea perlu dikembangkan/dipelajari. Hal ini karena proses tersebut bersifat *mild*, beroperasi pada tekanan dan temperatur *mild*, maka relatif lebih mudah untuk dikuasai dan sekaligus dapat dikembangkan prosesnya dan daya saing prosesnya tinggi mengingat bahan baku dalam negeri yang relatif murah. Lebih jauh, dengan studi kinetika produksi hidrazin maka akan diperoleh parameter untuk prediksi perolehan hidrazin dengan model yang diusulkan dan efek inhibitor gelatine untuk produksi hidrazine skala-bench.

Produksi dan Tahap-Tahap Reaksi Hidrazin *via* Proses Urea

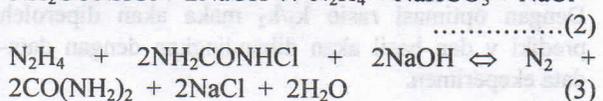
Sintesis hidrazin *via* proses urea terdiri atas oksidasi urea berlebih oleh natrium hipoklorit (Schestakow, 1905). Dalam proses urea, larutan dingin urea dan NaOH ditambahkan pada larutan natrium

hipoklorit. Panas yang dihasilkan dari reaksi menyebabkan kenaikan temperatur hingga di atas 100°C, dimana reaksi berjalan optimum. Sebagaimana proses Raschig, inhibitor ditambahkan untuk menghindari degradasi dari hidrazin.

Degradasi urea oleh natrium hipoklorit merupakan dasar dari proses urea dalam perolehan (yield) hidrazin dan reaksi totalnya dapat dituliskan sebagai berikut.



Untuk kinetika produksi hydrazine, dilakukan analogi dari kinetika proses Raschig dan dijelaskan di bawah ini. Secara kuantitatif diketahui bahwa mekanisme reaksi untuk menghasilkan hidrazin dalam proses urea dapat diwakili 3 tahap reaksi yang penting:



Reaksi (1a) berlangsung sangat cepat (instant) karena oksidasi, sedangkan reaksi (2) dan (3) memiliki laju reaksi yang *comparable*. Secara kuantitatif dapat diketahui bahwa dengan meningkatkan laju reaksi (2) atau menurunkan laju reaksi (3) akan meningkatkan *yield* (perolehan) hidrazin selama reaksi. Oleh karena itu urea yang dibutuhkan harus berlebih agar *yield* meningkat dengan pertimbangan *by product* yang terjadi.

Untuk pemodelan kinetika reaksi produksi hidrazin akan mengikuti analogi pemodelan reaksi dengan bahan baku ammonia (proses Raschig, Cahn and Powell, 1954, Colton *et al.*, 1954, Ellis, 1965) dan diberikan penjelasannya sebagai berikut. Laju reaksi antara NaOH dan klorourea akan menghasilkan nitrogen dan dapat diasumsikan bahwa reaksi tersebut

berorde satu terhadap klorourea dan dianggap tidak bergantung pada konsentrasi NaOH yang berlebih. Apabila reaksi (3) merupakan reaksi bimolekular yaitu orde satu untuk masing-masing konsentrasi hidrazin dan klorourea maka dapat dinyatakan reaksi produksi hydrazine adalah perbedaan hasil reaksi (2) dan (3).

$$\frac{d[N_2H_4]}{dt} = k_2 [NH_2CONHCl] - k_3 [N_2H_4] [NH_2CONHCl] \quad (4)$$

Laju penguraian klorourea ditunjukkan pada persamaan (4) dan dapat dinyatakan

$$\frac{d[NH_2CONHCl]}{dt} = k_2 [NH_2CONHCl] + 2k_3 [N_2H_4] [NH_2CONHCl] \quad (5)$$

Dari persamaan (4) dan (5) diperoleh :

$$\frac{d[N_2H_4]}{d[NH_2CONHCl]} = \frac{1 - \left(\frac{k_3 [N_2H_4]}{k_2} \right)}{1 + 2 \left(\frac{k_3 [N_2H_4]}{k_2} \right)} \quad (6)$$

Jika persamaan (6) diintegrasikan pada batas $t=0$, $[N_2H_4]=0$, $[NH_2CONHCl]=0$ dan pada saat $t=\infty$, $[N_2H_4]=[N_2H_4]$, dan $[NH_2CONHCl]=[NH_2CONHCl]$ diperoleh :

$$\left(1 - \frac{k_3 y}{k_2 r} \right)^3 = \exp \left(- \frac{k_3}{k_2 r} (1 + 2y) \right) \quad (7)$$

dengan y adalah perolehan hidrazin terhadap hipoklorit dan r adalah perbandingan konsentrasi urea akhir terhadap konsentrasi klorourea yang terbentuk. Dengan optimasi rasio k_3/k_2 maka akan diperoleh prediksi y dan hasil akan dibandingkan dengan data-data eksperimen.

Inhibitor/ Deactivator dalam Produksi Hidrazine

Permasalahan produksi hydrazine terhambat oleh yield yang berkisar antara 50-75% untuk proses urea dan Olin-Raschig dan 80-95% untuk Proses Ketazine; dengan basis oksidator (hipoklorit atau peroksida). Larutan yang terbentuk (hydrazine) berkonsentrasi rendah, 3-5% untuk seluruh proses yang ada, sehingga memberatkan biaya recovery hydrazine (Swenson, *et al.*, 1953, Hubert *et al.*, 1956). Tambahan pula, konversi yang rendah ini juga akan berkurang oleh reaksi dekomposisi hydrazine menjadi nitrogen yang dipacu oleh keberadaan logam pengotor dalam jumlah ppm sekalipun. Sehingga, diperlukan suatu katalis/deativator yang dapat menghambat reaksi dekomposisi tersebut.

Sejumlah deactivator telah banyak digunakan dan sebagian besar termasuk dalam golongan/bentuk peptide atau polimer bermolekul menengah. Tabel 2 berikut menyajikan jenis-jenis deactivator/ inhibitor. Sebagai catatan, pemakaian reaktan kualitas teknis akan mengandung logam pengotor dan memperkecil konversi.

Jadi, pentingnya deactivator/inhibitor ini sangat mempengaruhi mode pengumpulan dalam melakukan reaksi, baik pada awal atau pada saat reaksi sedang berjalan.

Dari studi literatur, group I dan II sangat banyak digunakan adalah gelatine dan EDTA, dimana keduanya untuk kondisi operasi tertentu akan sangat kompetitif dengan konsentrasinya. Perlu dicatat disini, pemakaian jenis deactivator/katalis diatas banyak dipublikasi untuk proses Olin-Raschig, sedangkan untuk proses lainnya belum komprehensif.

Metodologi

Sebelum melakukan percobaan utama dilakukan dalam beberapa tahapan: tahap persiapan yang meliputi pembuatan larutan dalam reaktor (reaktan), pembuatan larutan hipoklorit dan larutan natrium hidroksida. Setelah tahap persiapan, dilakukan tahap reaksi dalam reaktor yang terdiri dari urea, natrium hidroksida dan inhibitor ditambahkan larutan natrium hipoklorit. Pembentukan produk Hidrazine terjadi setelah ditambahkan NaOH. Detail percobaan, berikut alat-alat percobaan diberikan oleh Purba dan Nurfathoni (2002) dan metoda analisa dalam Vogel (1956).

Pada hakekatnya tahap produksi dilakukan dengan dua tahapan agar diperoleh hydrazine yang dikonversi menjadi hydrazine sulfat. Setelah tahap reaksi selesai, maka dilakukan pemisahan (*recovery*) hydrazine dari campurannya baik secara fisik ataupun secara kimia melalui pembentukan hydrazin sulfat. Mode reaksi juga menjadi variabel dalam percobaan ini. Sejumlah mode, satu dan dua tahap dilakukan dan diperoleh dari hasil percobaan, dengan mode reaksi dua tahap sangat menentukan produksi hydrazine. Variasi jumlah reaktan akan dilakukan dalam studi ini, seperti urea, natrium hidroksida dan larutan natrium hipoklorit. Begitu pula, dengan pemilihan jumlah deactivator selama reaksi akan sangat *crucial* dalam menentukan yield yang optimum.

Untuk pengujian model kinetika reaksi dilakukan dengan model kinetika reaksi (persamaan 7) di sub bab terdahulu. Estimasi parameter (r) dilakukan melalui *best-fitting* antara yield hasil eksperimen dan prediksi dari model kinetika reaksi.

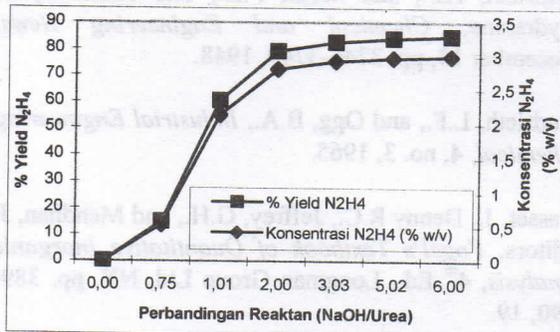
Tabel 2: Jenis-Jenis *deactivator*/inhibitor untuk Produksi Hydrazine dari kompilasi di literatur

| Group | Deactivator/ Inhibitor | Catatan |
|-----------|---|------------------|
| Group I | Gelatin, Albumin, Casein, Animal Glue, Peptone | Yields >50% |
| Group II | EDTA, DL-histidine, Triglycine, Imidazole, Biuret, L-arginine, Trilon B, Starch, Glycerol, Dextrin, Formaldehyde, Sucrose, Peptinized stannic acid, Flax seed mucilage, Carrageenin, Soybean glue, Magnesium hidoxide, Manganous salts, Seweed solutions, Waste lye from cellulose manufacture, hydrolysates of glue and gelatine | Yield 10-50% |
| Group III | DL-asparticacid, DL- α -alanine, DL-leucine, DL-valin, Diglycine, Glycine, Animal charcoal, Asbestos powder, Meerscham powder, Cupferron, Sodium glutamate, Sodium tyrosinate, Sodium tryptophanate, sodium urate | Yield sampai 10% |

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh perbandingan mol reaktan (NaOH/Urea) terhadap perolehan hidrazin

Dalam percobaan ini, variasi mol reaktan NaOH/urea yang dilakukan adalah 0,75; 1; 2; 3; dan 5. Urea yang digunakan sebanyak 15 gram, volume NaOCl 155,5 ml dengan 12% berat dan sejumlah *deactivator* gelatin. Volume total larutan dalam reaktor 220 ml dengan temperatur reaktor satu dan dua dijaga konstan. Berdasarkan variasi-variasi tersebut, dapat diketahui pengaruh perbandingan mol reaktan NaOH/Urea terhadap perolehan hidrazin (*yield*) seperti yang terdapat pada Gambar 1



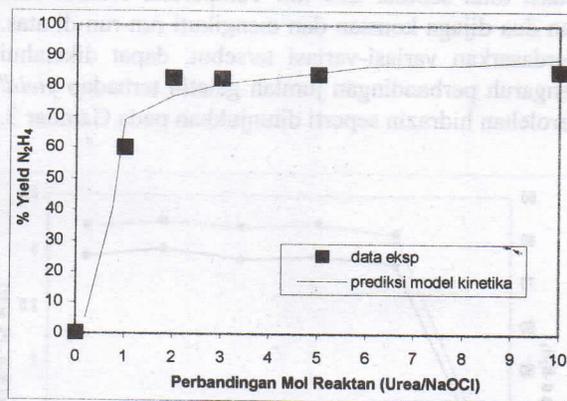
Gambar 1 Pengaruh perbandingan mol reaktan (NaOH/Urea) terhadap perolehan N₂H₄

Pada variasi perbandingan mol NaOH/Urea tersebut, kenaikan jumlah NaOH akan meningkatkan perolehan hidrazin. Perolehan hidrazin sebesar 14,95% - 84,67% mol/mol hidrazin terhadap basis mol urea. Perbandingan NaOH terhadap urea sebesar 0,75 terbentuk hidrazin dengan perolehan 14,95%. Pada rasio tersebut jumlah NaOH sebesar 0,75 mol basis reaktan hanya sedikit membentuk gugus -N₂H₃ sedangkan urea dan hipoklorit berada dalam keadaan equimolar. Pada rasio NaOH terhadap urea 1:1, perolehan hidrazin meningkat cukup signifikan.

Prediksi yield dengan model kinetika reaksi

Dalam percobaan ini, variasi mol reaktan urea/hipoklorit juga dilakukan dalam beberapa konsentrasi. Berdasarkan variasi tersebut, dapat

diketahui pengaruh perbandingan mol reaktan Urea/NaOCl terhadap perolehan hidrazin (*yield*) seperti yang ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2 Pengaruh perbandingan mol Urea/NaOCl terhadap perolehan hidrazin dalam bentuk N₂H₄.H₂SO₄

Perolehan hidrazin sebesar 80,39 % sampai 84,31 % mol/mol basis urea atau konsentrasi hidrazin 2,856 % w/v sampai 3,024 %w/v. Gambar 2 menunjukkan semakin tinggi perbandingan urea/hipoklorit maka terjadi peningkatan perolehan hidrazin. Hal ini disebabkan peningkatan urea tidak sebanding dengan jumlah hipoklorit sedangkan dari stoikiometrinya diketahui bahwa perbandingan urea dan hipoklorit adalah equimolar sehingga N-klorourea yang terbentuk dibatasi oleh jumlah hipoklorit yang digunakan dan terdapat banyak sisa urea di dalam larutan hasil reaktor.

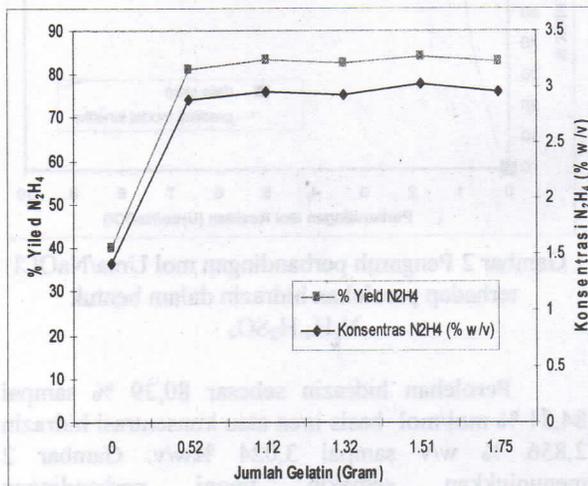
Gambar 2 menunjukkan kurva perolehan hidrazin, y, sebagai fungsi perbandingan konsentrasi urea akhir dengan rasio konsentrasi klorourea terhadap konsentrasi hipoklorit, (1-r), seperti pada persamaan (7) diatas. Pada perbandingan NaOH/Urea sebesar 2 dihasilkan hidrazin sebanyak 60%. Hal menunjukkan bahwa sedikitnya diperlukan 2 mol basis basa (OH⁻) untuk mengoksidasi N-klorourea sebagai produk intermediet pertama dari reaksi antara urea dan hipoklorit untuk membentuk gugus -N₂H₃.

Hasil optimasi dari model kinetika produksi

hydrazine, memberikan harga dengan $k_2/k_3=9,1$ dan ini secara teoritis dapat mendukung mekanisme karena reaksi ketiga adalah rekasi dekomposisi hidrazin. Dari gambar di atas diketahui bahwa perolehan hidrazin bergantung kepada perbandingan urea terhadap hipoklorit dan tidak bergantung pada konsentrasi absolut keduanya. Model kinetika reaksi produksi hidrazine yang diusulkan berikut parameternya dapat memprediksi perolehan hydrazine.

Pengaruh jumlah gelatin sebagai deactivator terhadap perolehan hidrazin

Dalam percobaan ini, dilakukan variasi konsentrasi/ jumlah gelatin yang digunakan. Perbandingan NaOH/Urea dijaga konstan dengan dan jumlah urea konstan. Konsentrasi NaOCl konstan sama seperti percobaan sebelumnya dengan volume reaksi total sebesar 220 ml. Temperatur reaktor satu dan dua dijaga konstan dan mengikuti run-run di atas. Berdasarkan variasi-variasi tersebut, dapat diketahui pengaruh perbandingan jumlah gelatin terhadap yield/ perolehan hidrazin seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Pengaruh jumlah gelatin terhadap perolehan (yield) Hidrazin

Hasil percobaan menunjukkan bahwa gelatin sangat mempengaruhi perolehan hidrazin. Hal ini terbukti hasil perolehan hidrazin tanpa menggunakan gelatin hanya sebesar 39,97 %, lebih rendah dibanding dengan rata-rata perolehan hidrazin sebesar 81,06 % –82,89 % ketika menggunakan gelatin minimal 50 miligram. Gelatin dapat mempengaruhi perolehan hidrazin karena gelatin bertindak sebagai deactivator/inhibitor yang mencegah dekomposisi hidrazin oleh pengotor-pengotor metalik yang terbawa oleh reaktan terutama hipoklorit. Hasil ini menunjukkan bahwa gelatin mampu mengikat ion metalik tersebut dengan membentuk senyawa khelat (kompleks) antara Cu dengan ion metalik pengotor.

Dari eksperimen diperoleh hidrazin optimum dengan jumlah gelatin tertentu, dan penggunaan

gelatin berlebih tidak signifikan terhadap yield.

Kesimpulan

Produksi hidrazin *via* proses urea telah ditunjukkan berlangsung pada kondisi operasi yang *mild*. Mode reaksi dengan dua tahap sangat menentukan produksi hydrazine dan lebih jauh, pemilihan jenis dan jumlah deactivator selama reaksi akan menentukan yield yang optimum. Studi ini menunjukkan bahwa semakin besar perbandingan mol reaktan NaOH terhadap urea dan urea terhadap hipoklorit, maka perolehan hidrazin akan meningkat. Untuk perolehan hidrazin, prosentasi perolehan hidrazin adalah 14-80% dengan konsentrasinya sekitar 3%. Perolehan hidrazin dapat diprediksi dengan model kinetika yang diusulkan dan optimasi parameter model kinetika produksi hidrazin memberikan parameter rasio konstanta reaksi pengendali untuk produksi hidrazin terhadap dekomposisi hidrazin sebesar 9.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada PT. Tirta Chemindo, Bandung, atas bantuan *chemical* selama studi eksperimental.

Daftar Pustaka

Audrieth, L.F., and Mohr, P.H., *The Chemistry of Hydrazine, Chemical and Engineering News*, December 13, pp. 3746-3749, 1948.

Audrieth, L.F., and Ogg, B.A., *Industrial Engineering Chemical*, 4, no. 3, 1965.

Basset, J., Denny R.C., Jeffrey, G.H., and Mendhan, J, editors, *Vogel's Textbook of Quantitative Inorganic Analysis*, 4th Ed., Longman Group Ltd, NY, pp. 389-390, 19.

Cahn, J.W. and Powell, R.E., *Journal of American Chemical Society*, 76, pp. 2566-2571, 1954.

Cahn, J.W., and Powell, R.E., *The Raschig's Synthesis of Hydrazine, J. Am. Chem. Soc.*, 76, pp. 2565-2567, 1954.

Colton, E., Jones, M and Audrieth, L.F., *The Preparation of Hydrazine from Urea and t-Butyl Hypochlorite, J. Am. Chem. Soc.*, 76, pp. 2572-2574, 1954.

Ellis, R., Jeffreys, G.V., and Wharton, J.T., *Raschig-Synthesis of Hydrazine. Investigation of Chloramine Formation Reaction, Ind. Eng. Chem. Proc. Des. Dev.* 3(1), pp. 18-22, 1965.

Hans, D., *Process for Preparing Hydrazine, US Patent* 4,013,358, Aug 7, 1975.

Hydrazine and its Derivatives, in *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 3rd Ed., Vol. 13, pp. 560-606, 1997.

Hydrazine and its Derivatives, in *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 2nd Ed., Vol.11, pp. 164-189, 1966.

L. K. Hubber (to Pennsalt Chemicals Corp. Philadelphia, Pa., A Corporation of Pennsylvania), U.S. Patent No. 3,442,612 (May 6, 1969).

Laws, R.S., Preparation and Properties of Hydrazine, *Chemical Products*, pp. 120-123, April 1953.

Lozano, J. A. F., *Ind. Eng. Chem., Process Dev.*, 15, no. 3, 1976. pp. 445-449.

Merck, E., Hydrazine, *British Patent*, 392,845, May 25, 1933.

New Hydrazine Route Competes with Raschig, *Chem. and Eng. News*, July 5, 1965, pp. 38-40, 1953.

Purba, J.H. and Nurfathoni, K., Studi Pembuatan Hidrazin Melalui Proses Urea, *Laporan Penelitian*, Departemen Teknik Kimia, ITB, 2002.

SCAV-OX 35% Hydrazine Solutions for Corrosion Protection in High and Medium Pressure Boilers, Olin Corp., Stamford, Conn., USA, 1989.

Schestakow, P., *Chemische Central Blatt I*, 1905. pp. 1227-1228.

Schmidt, E., *Hydrazine and Its Derivatives*, John Wiley & Sons, Inc., NY, 1984.

Swenson, D.J., Lake, C., and Ryker, D.W., Method of Concentrating Aqueous Hydrazine, *US Patent* 2,774,725, Dec. 18, 1956.

Thonnerson, K., Oxidation of Urea to Hydrazine, *German Patent*, 729,195, Nov. 12, 1942.

Troyan, J.E., Properties, Production, and Uses of Hydrazine, *Ind. Eng. Chem.*, 15, pp. 2608-2612, 1953.

Vogel, A.I., *A Text book of practical Organic Chemistry including Quantitative organic Analysis*, 3rd ed., Longman Green and Co., London, pp. 190, 103-109, 1956.

West, J. S., *English Patent no. 1,153,483* (May 29, 1969).

yang kesemuanya dihasilkan dalam satu proses...
sebelum tahun 2004. Akan tetapi dengan selesainya
proyek proyek minyak tersebut, tidak akan
meningkatkan produksi minyak secara nyata
(aliran). Di lain pihak, konsumsi minyak bumi
meningkatkan secara signifikan. Rasio
kebutuhan terhadap produksi minyak bumi
gas akan dan bisa dire di Indonesia ditunjukkan pada
Tabel 1.

Tabel 1. Rasio Cadangan dan Produksi Minyak Bumi Gas Alam dan Batu Bara di Indonesia

| Cadangan/Produksi Tahun 2002 | Cadangan | Sumber Energi |
|------------------------------|-----------------|---------------|
| 10,1 | 5 (milyar bbl) | Minyak bumi |
| 41,6 | 92,2 (Tcf) | Gas alam |
| 28 | 2276 (juta ton) | Batu bara |

Berdasarkan Tabel 1 Indonesia akan menjadi
negara pengimpor minyak pada sekitar 10,1 tahun
mendatang. Cadangan gas alam masih dapat
dijaminakan sekitar 41,6 tahun, sedangkan
cadangan batu bara selama sekitar 28 tahun. Metode
pengangkutan gas alam umumnya dengan sistem

Produksi minyak bumi di Indonesia pada
tahun 2002 mencapai sekitar 1,26 juta barel per hari
atau 458 juta barel per tahun. Untuk memenuhi
kebutuhan, Indonesia mengimpor minyak bumi
sekitar 130.000 barel per hari atau 47 juta barel per
tahun. Rasio kebutuhan terhadap produksi minyak bumi
gas akan dan bisa dire di Indonesia ditunjukkan pada
Tabel 1. Untuk memenuhi kebutuhan energi
Indonesia sekitar 20,2 milyar ton (Mtp) dengan
produksi batu bara 144 juta ton (Mtp) per tahun dan
net coal export 14,2 juta ton tahun (2000-04).
Produksi domestik tersebut ditunjukkan
dalam gambar yang sudah cukup ter
Berdasarkan data yang dilakukan untuk
menyimpulkan produksi domestik tersebut antara
lain menggunakan sumber-sumber minyak yang
cadangannya relatif kecil. Proyek-proyek ekspansi
tersebut merupakan proyek minyak lepas pantai
Kajenehan I, II, III, dan IV serta