

Optimasi Komposisi Campuran Asam HNO₃ dan H₂SO₄ dan Nilai R pada Sintesis α -Nitronaftalen

Rintis Manfaati

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : rintismanfaati@gmail.com

ABSTRAK

Nitrasi adalah proses memasukkan satu atau lebih gugus nitro/nitril ion (NO₂⁺) dengan mensubsitisi atom hidrogen atau atom/gugus lainnya pada bahan baku senyawa organik. Nitrasi merupakan salah satu proses yang penting di industri sintesis senyawa organik. Produk nitrasi dipakai secara luas sebagai *solvent* (nitroparafin), pewarna tekstil (α -nitronaftalen), farmasi, bahan vernis/coating (nitro sellulosa), bahan peledak (trinitrotoluen/TNT), dan untuk meningkatkan bilangan cetane pada bahan bakar diesel (tetranitromethane). Nitrasi naftalen merupakan salah satu penerapan proses nitrasi yang aman dan dapat diaplikasikan pada skala laboratorium. Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan komposisi campuran asam HNO₃ dan H₂SO₄ yang digunakan sebagai *nitrating agent* dan nilai R (perbandingan massa HNO₃ terhadap massa naftalen) optimum. Nitrasi naftalen dilakukan pada reaktor labu leher empat dengan penangas es. Kondisi operasi reaksi nitrasi adalah temperatur reaksi 60-65°C, waktu reaksi 1 jam, dan kecepatan pengadukan 125-150 rpm. Analisis yang dilakukan terhadap hasil penelitian adalah titik leleh dan *yield*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi campuran asam optimum (% massa) 15,85% HNO₃, 50% H₂SO₄, 34,15% H₂O menghasilkan produk kristal α -nitronaftalen dengan titik leleh 60,3°C dan *yield* 53,4%. Nilai R optimum diperoleh pada R=1 menghasilkan produk kristal α -nitronaftalen dengan titik leleh 59,8°C dan *yield* 77,2 %.

Kata Kunci

Nitrasi, α -nitronaftalen, komposisi campuran asam, nilai R

1. PENDAHULUAN

Pemilihan Modul Praktikum Satuan Proses harus disesuaikan dengan kapasitas laboratorium seperti peralatan proses yang mampu menyediakan kondisi operasi proses, kesehatan dan keselamatan kerja, ketersediaan bahan baku/*agent* dan waktu praktikum. Sintesis senyawa organik umumnya berlangsung pada kondisi operasi (suhu dan tekanan) yang cukup tinggi, melibatkan bahan baku berbasis petroleum yang bersifat racun /karsinogenik, waktu reaksi dan purifikasi yang lama. Penelitian yang seksama dibutuhkan agar suatu modul praktikum layak dan aman dikerjakan oleh mahasiswa.

Nitrasi merupakan salah satu proses yang penting di industri sintesis senyawa organik. Produk nitrasi dipakai secara luas sebagai *solvent* (nitroparafin), pewarna tekstil (α -nitronaftalen), farmasi, bahan vernis/coating (nitro sellulosa), bahan peledak (trinitrotoluen/TNT) dan untuk meningkatkan bilangan cetane pada bahan bakar diesel (tetranitromethane). Selain itu produk nitrasi digunakan pula sebagai senyawa intermediat untuk pembentukan produk lain. Aplikasi proses nitrasi yang cukup luas di industri mengharuskan mahasiswa Teknik Kimia memahami karakteristik dan penanganan yang tepat dari proses nitrasi tersebut.

Pada penelitian ini, proses nitrasi naftalen dipilih karena naftalen tergolong senyawa organik yang relatif aman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa naftalen dan produk α -nitronaftalen tidak bersifat karsinogenik pada hewan percobaan [1,2]. Kondisi operasi nitrasi naftalen cukup aman untuk diaplikasikan pada skala laboratorium dan peralatan proses yang akan digunakan tersedia di Laboratorium Satuan Proses Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung.

Kecepatan proses nitrasi dipengaruhi oleh jenis bahan baku, HNO₃ *Ratio* (R) dan komposisi campuran asam (*mixed acid*) HNO₃ dan H₂SO₄ yang digunakan. Nilai R adalah perbandingan massa HNO₃ terhadap massa bahan baku nitrasi. Nilai ini menentukan jumlah nitril ion (NO₂⁺) yang harus tersedia agar semua bahan baku dapat terkonversi secara optimal.

Kecepatan proses nitrasi tergantung pada ketersediaan nitril ion yang terbentuk pada proses ionisasi HNO₃ dalam campuran asam HNO₃ dan H₂SO₄. Semakin tinggi konsentrasi H₂SO₄ yang digunakan maka persentase proses ionisasi HNO₃ atau pembentukan nitril ion (NO₂⁺) akan semakin besar pula. Selain itu, reaksi nitrasi juga dipengaruhi oleh air yang dihasilkan selama proses. Air yang terbentuk akan mengencerkan campuran asam dan mempengaruhi proses ionisasi. Nilai R dan komposisi campuran asam HNO₃ dan H₂SO₄ harus diperhitungkan

secara tepat di awal proses nitration untuk menghasilkan *yield* maksimum.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui karakteristik reaksi nitration naftalen, kondisi operasi proses, penanganannya yang tepat, menentukan komposisi campuran asam HNO₃ dan H₂SO₄ dan nilai R (perbandingan massa HNO₃ terhadap massa naftalen) optimum untuk sintesis senyawa α -nitronaftalen yang menghasilkan *yield* maksimum. Manfaat penelitian ini adalah menghasilkan modul praktikum Satuan Proses yang mampu menjelaskan proses nitration dan aman dilakukan di Laboratorium Satuan Proses Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung.

2. TINJAUAN PUSTAKA

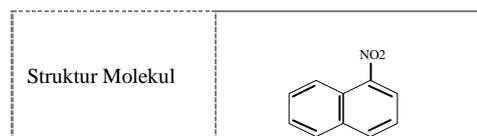
α -Nitronaftalen merupakan produk dari nitration senyawa naftalen. α -Nitronaftalen merupakan kristal berwarna kuning jernih dengan titik leleh 59–60°C, titik didih 304°C, tidak larut dalam air, larut dalam etanol, dietileter, kloroform, dan karbon disulfida. Senyawa ini dapat dimurnikan hingga 99%. Sifat fisika dan kimia senyawa disajikan pada Tabel 1.

Nitration adalah proses memasukkan satu atau lebih gugus nitro/nitril ion (NO₂⁺) dengan mensubstitusi atom hidrogen atau atom/gugus lainnya, misalnya halida, sulfonat, dan asetil ke dalam suatu senyawa organik. Pada proses nitration gugus nitro (NO₂⁺) dapat terikat pada atom C sehingga membentuk senyawa nitroaromatik atau nitroparafinik. Gugus nitro yang terikat pada atom O membentuk senyawa nitrat ester sedangkan gugus nitro yang terikat pada atom N membentuk senyawa nitroamina atau nitroamida.

Senyawa organik yang dapat digunakan sebagai bahan baku adalah senyawa aromatik dan turunannya, hidrokarbon parafinik, dan ester. Bahan pereaksi (*nitrating agents*) yang digunakan dalam reaksi nitration adalah asam nitrat dalam bentuk *fuming*, *concentrated* atau larutan encer; campuran asam (*mixed acid*) asam nitrat dan asam sulfat, asam nitrat dan asam fosfat, asam nitrat dan asam asetat anhidrid, asam nitrat dan chloroform; nitrogen pentaoksida (N₂O₅) dan nitrogen tetraoksida (N₂O₄) digunakan untuk nitration pada fasa gas [3].

Tabel 1: Sifat fisika dan kimia α -nitronaftalen [2]

Sifat Fisika dan Kimia Senyawa α -nitronaftalen	
Rumus Empiris	C ₁₀ H ₇ NO ₂
Berat Molekul	173,17
Warna	Kuning kecoklatan
Titik Leleh	59 – 60°C
Titik Didih	304°C @ 760 mmHg (579,20°F)
Specific gravity/Densitas	1,2230 g/cm ³

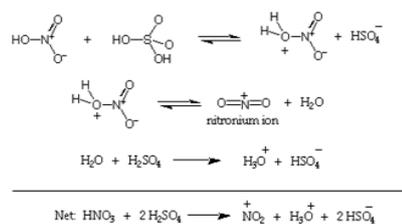


Nitration naftalen menjadi senyawa α -nitronaftalen dengan menggunakan *nitrating agent* campuran asam HNO₃ dan H₂SO₄ merupakan reaksi substitusi elektrofilik. Reaksi berlangsung dalam fasa cair pada suhu 65–70°C. Mekanisme reaksi ditunjukkan oleh Gambar 1.

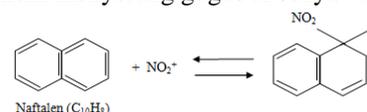
Mekanisme reaksi nitration diawali dengan pembentukan elektrofilik (nitril ion, NO₂⁺). Pada tahap ini terjadi perpindahan proton (muatan positif) dari satu molekul asam nitrat ke molekul lainnya. Pada tahap kedua, nitril ion yang terbentuk akan beradisi pada cincin naftalen, membentuk ion benzenonium. Pada tahap ketiga proton (H⁺) akan lepas dari ion benzenonium dan bergabung dengan HSO₄⁻ membentuk H₂SO₄.

Reaksi nitration adalah reaksi yang sangat eksoterm sehingga pengendalian suhu (pendinginan) dan pengadukan mutlak diperlukan. Panas yang dihasilkan dari proses nitration selain berasal dari reaksi nitration juga berasal dari proses pencampuran asam. Jumlah panas yang terlibat pada proses nitration akan menentukan design sistem pendinginan yang dibutuhkan. Bahan konstruksi reaktor nitration adalah *Mild Carbon Steel* yang dilengkapi dengan *cooling surface*, pengaduk, *feed inlet* dan *product outlet lines*, serta *dumping line* berdiameter besar sebagai pengaman jika reaksi tak terkendali atau suhu meningkat tajam akibat kegagalan pengadukan dan pendinginan [3].

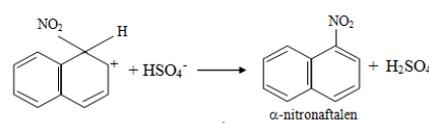
1. Pembentukan nitril ion



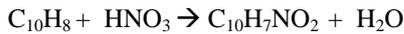
2. Ion nitronium menyerang gugus H senyawa organik



3. Re-aromatisasi



Reaksi secara keseluruhan :



Gambar 1: Mekanisme reaksi nitration [4]

Kecepatan proses nitration dipengaruhi oleh jenis bahan baku, nilai HNO_3 Ratio (R) dan komposisi campuran asam HNO_3 dan H_2SO_4 yang digunakan.

1. Jenis bahan baku

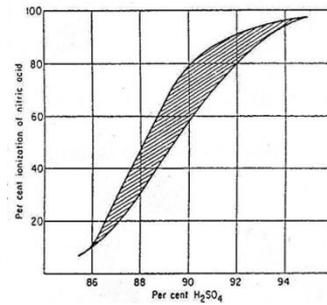
Setiap bahan baku aromatik dan turunannya yang digunakan dalam proses nitration memiliki kereaktifan yang berbeda. Toluene (benzene dengan substituen CH_3) lebih reaktif dibandingkan benzene sendiri. Klorobenzene dan Nitrobenzene kurang reaktif dibandingkan benzene sendiri. Senyawa polisiklik aromatis bahkan lebih reaktif terhadap serangan elektrofilik dari pada benzene. Nitration benzene dan turunannya dilakukan pada fasa cair dengan suhu < $100^\circ C$, tekanan 1 atm, sedangkan nitration parafinik harus dilakukan pada fasa gas, suhu $410^\circ C$ tekanan 10 atm [5,6].

2. HNO_3 Ratio (R)

Nilai R adalah perbandingan massa HNO_3 terhadap massa bahan baku nitration. Nilai ini menentukan jumlah nitril ion (NO_2^+) yang harus tersedia agar semua bahan baku dapat terkonversi secara optimal. Nilai R berbeda untuk setiap bahan baku yang digunakan pada proses nitration, semakin tinggi nilai R maka bahan baku tersebut semakin sulit untuk dinitration. Nilai R untuk pembuatan mononitro benzene adalah 1,04, dinitro benzene 1,1 dan mononitrotoluene 0,997. Nilai R untuk nitration naftalen yang disarankan adalah 1,01[3].

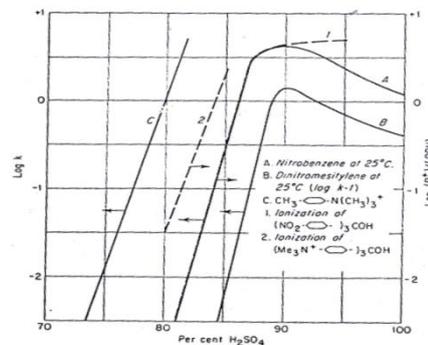
3. Komposisi campuran asam

Kecepatan proses nitration tergantung pada ketersediaan nitril ion yang terbentuk pada proses ionisasi HNO_3 dalam campuran asam HNO_3 dan H_2SO_4 . Semakin tinggi konsentrasi H_2SO_4 yang digunakan maka persentase ionisasi HNO_3 atau pembentukan nitril ion (NO_2^+) akan semakin besar pula. Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa konsentrasi H_2SO_4 di bawah 87% menunjukkan persentase ionisasi asam nitrat yang sangat kecil, yaitu kurang dari 20%. Pada konsentrasi H_2SO_4 87-92%, persentase ionisasi HNO_3 naik cukup pesat berada pada rentang 20-90%. Pada konsentrasi H_2SO_4 lebih besar dari 92%, kenaikan persentase ionisasi HNO_3 tidak menunjukkan perbedaan yang berarti.



Gambar 2: Hubungan konsentrasi H_2SO_4 (%) terhadap persentase ionisasi HNO_3 [3]

Pada konsentrasi H_2SO_4 lebih dari 90%, kecepatan reaksi nitration akan menurun seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Semakin tinggi konsentrasi H_2SO_4 semakin kuat ikatan hidrogen dalam senyawa tersebut. Ikatan hidrogen yang kuat akan menarik elektron-elektron yang berada dalam cincin benzen. Densitas elektron dalam cincin benzen yang berkurang akan menurunkan kereaktifan senyawa benzen tersebut. Komposisi campuran asam tergantung pada jenis bahan baku yang digunakan. Komposisi campuran asam HNO_3 dan H_2SO_4 dalam persen massa yang disarankan untuk nitration naftalen adalah 59,55% H_2SO_4 ; 15,85% HNO_3 ; 24,60% H_2O [3]. Reaksi nitration juga dipengaruhi oleh air yang dihasilkan selama proses. Air yang terbentuk akan mengencerkan campuran asam dan mempengaruhi proses ionisasi.



Gambar 3: Hubungan konsentrasi H_2SO_4 (%) terhadap Kecepatan reaksi nitration [3]

3. METODE

Metode penelitian yang digunakan pada sintesis senyawa α -nitronaftalen merupakan metode eksperimental yang terdiri dari beberapa tahap berkesinambungan agar tujuan penelitian dapat tercapai. Tahap I adalah proses nitration naftalen menjadi senyawa α -nitronaftalen menggunakan nilai R 1,0. Variabel yang divariasikan adalah komposisi campuran asam HNO_3 dan H_2SO_4 . Persen massa HNO_3 15,85%, persen massa H_2SO_4 dengan rentang 45-70% dan sisanya adalah H_2O . Setelah itu dilakukan proses

pemurnian produk kristal α -nitronaftalen dari sisa asam dan bahan baku naftalen yang tidak bereaksi. Data-data yang diambil selama proses nitrasasi adalah massa kristal α -nitronaftalen, titik leleh α -nitronaftalen dan komposisi campuran asam HNO_3 dan H_2SO_4 optimum.

Tahap II adalah proses nitrasasi naftalen menjadi senyawa α -nitronaftalen menggunakan komposisi campuran asam HNO_3 dan H_2SO_4 optimum pada tahapan sebelumnya. Variabel yang divariasikan adalah nilai R pada rentang 0,8–1,6. Setelah itu dilakukan proses pemurnian produk kristal α -nitronaftalen. Data-data yang diambil selama proses nitrasasi adalah massa kristal α -nitronaftalen, titik leleh α -nitronaftalen dan nilai R optimum.

Reaksi nitrasasi dilakukan dalam reaktor labu leher empat dengan penangas es. Kondisi operasi yang dipertahankan tetap adalah massa naftalen 5 gram, konsentrasi H_2SO_4 98 %, konsentrasi HNO_3 65% waktu reaksi 1 jam, temperatur saat campuran asam dimasukkan 35-50 °C, temperatur reaksi 60-65°C, kecepatan pengadukan 125-150 rpm, dan suhu kristalisasi 25°C. Pelarut yang digunakan untuk memurnikan kristal α -nitronaftalen adalah etanol 96%. Analisis yang dilakukan terhadap kristal α -nitronaftalen yang terbentuk adalah massa α -nitronaftalen dengan menggunakan metode gravimetri, dan analisis titik leleh menggunakan alat *melting point*.

4. DISKUSI

4.1 Nitrasasi Naftalen pada Berbagai Komposisi Campuran Asam HNO_3 dan H_2SO_4

Hasil penelitian untuk nitrasasi naftalen pada variasi komposisi campuran asam disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2: Titik leleh dan *yield* α -nitronaftalen pada berbagai komposisi campuran asam

Run	Variabel			Respon	
	Komposisi campuran asam (% massa)			Titik leleh (°C)	Yield (%)
	HNO_3	H_2SO_4	H_2O		
1	15,85	45	39,15	56,3	51
2	15,85	50	34,15	60,3	53,4
3	15,85	55	29,15	59,4	35,2
4	15,85	60	24,60	58,8	34,2
5	15,85	65	19,15	54,5	32,8
6	15,85	70	14,15	51,2	33

Dari Tabel 2 terlihat bahwa titik leleh produk α -nitronaftalen yang paling mendekati titik leleh α -nitronaftalen literatur (59 - 60°C) diperoleh pada run ke-2, 3, dan 4, masing-masing adalah 60,3°C, 59,4°C, dan 58,8°C.

Produk kristal α -nitronaftalen yang dihasilkan pada run 2, 3, dan 4 tersebut memiliki warna kuning bening. Hal tersebut menunjukkan bahwa kristal α -nitronaftalen yang dihasilkan memiliki kemurnian yang cukup tinggi. Titik leleh produk α -nitronaftalen yang diperoleh pada run 1, 5, dan 6 menyimpang jauh dari titik leleh α -nitronaftalen literatur dan memiliki warna kuning jingga kusam. Titik leleh produk α -nitronaftalen yang menyimpang ini karena α -nitronaftalen yang dihasilkan banyak mengandung naftalen sisa yang tidak bereaksi. Semakin banyak naftalen yang tidak bereaksi semakin sulit pula proses pemurniannya. Pengotor yang tersisa pada produk akan mengganggu proses kristalisasi sehingga waktu yang diperlukan untuk menghasilkan kristal α -nitronaftalen menjadi lebih lama.

Tabel 2 menunjukkan bahwa komposisi *mixed acid* pada run 2, yaitu 15,85% HNO_3 ; 50% H_2SO_4 ; dan 34,15% H_2O , menghasilkan *yield* maksimum sebesar 53,4%. Sedangkan nilai *yield* terendah terjadi pada run 5 yaitu 32,8 %, dengan komposisi 15,85% HNO_3 ; 70% H_2SO_4 ; dan 14,15% H_2O . Kenaikan persen massa H_2SO_4 dalam komposisi campuran asam dari 45% ke 50% menaikkan *yield* dari 51% ke 53,4% dan menghasilkan produk dengan kemurnian yang meningkat. Hal tersebut sesuai dengan teori yang menunjukkan bahwa kenaikan konsentrasi H_2SO_4 (%) dari 30 ke 34% akan meningkatkan persentase ionisasi HNO_3 [3]. Ketersediaan nitril ion yang meningkat akan meningkatkan pula pembentukan α -nitronaftalen.

Kenaikan persen massa H_2SO_4 dalam komposisi campuran asam dari 50% ke 55% sampai 70% atau pada konsentrasi H_2SO_4 (%) 38% sampai 54% saja akan menurunkan *yield* dan kemurnian produk α -nitronaftalen. Hal ini terjadi karena pada konsentrasi H_2SO_4 (%) yang tinggi, kekuatan ikatan hidrogen dalam H_2SO_4 akan semakin kuat sehingga akan menarik keluar elektron-elektron yang berada dalam cincin naftalen. Berkurang densitas elektron dalam cincin benzene akan mengurangi kereaktifan naftalen [3]. Dapat dipahami bawa penambahan air (H_2O) pada campuran asam berfungsi untuk mengatur konsentrasi H_2SO_4 (%).

4.2 Nitrasasi Naftalen pada Berbagai Nilai R

Pada variasi nilai R digunakan komposisi campuran asam optimum yang diperoleh dari tahap sebelumnya, yaitu 15,85% HNO_3 ; 50% H_2SO_4 ; dan 34,15% H_2O . Data yang diperoleh disajikan pada Tabel 3.

Nilai R adalah perbandingan massa HNO_3 terhadap massa bahan baku. Kebutuhan massa asam nitrat setiap proses nitrasasi berbeda tergantung pada jenis bahan baku yang digunakan. Dari Tabel 3 terlihat bahwa titik leleh produk α -nitronaftalen yang paling mendekati titik leleh α -nitronaftalen literatur (59 - 60°C) diperoleh pada nilai

R=1,0 yaitu 59,8°C. Produk kristal β -nitronaftalen yang dihasilkan pada R=1,0 tersebut memiliki warna kuning bening. Hal tersebut menunjukkan bahwa kristal β -nitronaftalen yang dihasilkan memiliki kemurnian yang cukup tinggi. Sedangkan titik leleh produk β -nitronaftalen yang diperoleh pada R = 0,8; 1,2; 1,4;1,6 berada pada rentang 57,3–58,3 °C, tidak terlalu jauh dari titik leleh kristal α -nitronaftalen berdasarkan literatur. Titik leleh produk β -nitronaftalen yang menyimpang ini karena β -nitronaftalen yang dihasilkan masih mengandung naftalen sisa yang tidak bereaksi. Pengotor yang tersisa pada produk akan mengganggu proses kristalisasi sehingga waktu yang diperlukan untuk menghasilkan kristal β -nitronaftalen menjadi lebih lama. Dari hasil penelitian ini dapat dilihat bahwa pengaruh nilai R terhadap kemurnian produk β -nitronaftalen lebih kecil dibandingkan dengan komposisi campuran asam.

Tabel 3: Titik leleh dan yield α -nitronaftalen pada berbagai nilai R

Run	Variabel	Respon	
	R	Titik Leleh (°C)	Yield (%)
7	0,8	58,3	70,4
8	1	59,8	77,2
9	1,2	57,7	44,8
10	1,4	57,3	51,6
11	1,6	57,9	33,8

Pada Tabel 3 terlihat bahwa yield β -nitronaftalen mencapai titik maksimum sebesar 77,2% pada nilai R=1,0, kemudian mengalami penurunan cukup berarti menjadi 44,8% pada nilai R=1,2. Yield β -nitronaftalen naik kembali menjadi 51,6 % pada nilai R=1,4 dan akhirnya turun mencapai titik terendahnya di 33,8% pada nilai R=1,6. Hal ini menunjukkan *excess* asam nitrat yang diberikan lebih dari R=1,0 akan menurunkan yield β -nitronaftalen. Nitration naftalen dengan *nitration agent* campuran asam HNO₃ dan H₂SO₄ menggunakan pelarut inert *dichloromethane* menghasilkan kristal β -nitronaftalen dengan kemurnian 99,2% dan yield 80% [7].

Reaksi pembentukan nitril ion merupakan reaksi kesetimbangan.



Kecepatan penumpukan nitril ion yang berlebih dan tidak diimbangi dengan reaksi adisi nitril ion ke dalam senyawa naftalen, akan menyebabkan nitril ion akan kembali membentuk HNO₃. Konsentrasi nitril ion yang melebihi kebutuhan bahan baku juga akan mengakibatkan sebagian nitril ion akan terkonversi kembali menjadi HNO₃.

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nitration naftalen merupakan proses nitration yang berlangsung pada kondisi operasi yang ringan sehingga dapat diaplikasikan di Laboratorium Satuan Proses Politeknik Negeri Bandung. Nitration naftalen dilakukan pada reaktor labu leher empat dengan penangas es. Kondisi operasi reaksi nitration adalah temperatur reaksi 60-65°C, waktu reaksi 1 jam, dan kecepatan pengadukan 125–150 rpm. Komposisi campuran asam optimum dalam persen massa adalah 15,85% HNO₃; 50% H₂SO₄; dan 34,15% H₂O akan menghasilkan produk kristal β -nitronaftalen dengan titik leleh 60,3°C dan yield 53,4%. Nilai R optimum diperoleh pada R=1 akan menghasilkan produk kristal α -nitronaftalen dengan titik leleh 59,8°C dan yield 77,2 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Latif Fauzi dan Teguh Imanullah yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini. Penelitian ini merupakan Penelitian Unggulan Peningkatan Kapasitas Laboratorium/Program Studi dengan sumber dana DIPA 2013 Politeknik Negeri Bandung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] National Toxicology Program, "Bioassay of 1-Nitronaphtalene for Possible Carcinogenicity (CAS No.86-57-7)", USA, September 2012.
- [2] IARC Monographs, *Summary and Evaluations 1-Nitronaphtalene*, Vol.46,1989 CAS No. 86-57-7, pp 291-308.
- [3] Groggins, P. H., "Unit Processes in Organic Syntesis", fifth Edition, International Student Edition, Mc. Graw-Hill Kogakusha, Ltd, 1958.
- [4] Sethi, A, "Systematic Laboratory Experimentss in Organic Chemistry", New Age Inetnational, New Delhi, 2006.
- [5] Hart Harold, Terj. Achmadi Suminar, "Kimia Organik, Suatu Kuliah Singkat", Penerbit Erlangga, Jakarta, 1987.
- [6] Fessenden, R. and Fessenden, J., "Organic Chemistry", 2nd Edition, Willard Grant Press Publisher, Massachusetts, USA, 1982.
- [7] Kameo, T & Hirashima T, *Mononitration of Naphtalene with Nitric Acid in Inert Solvent*, Jepang, 1986, Chem.Express,1,pp 371-374.