

Pengembangan Metode Uji Struktur TDI (*Toluene Diisocyanate*) Dengan FTIR (Fourier Transform Infra Red)

Oleh :
Heri Budi Wibowo*

Abstrak

Salah satu problem dalam penelitian dan pengembangan formulasi propelan komposit padat adalah pengujian spesifikasi bahan baku propelan yang akan digunakan, yaitu TDI, HTPB, Al, dan Ap. Perbedaan yang sedikit dapat mengakibatkan perbedaan karakteristik propelan yang besar seperti Isp dan sifat mekanik. TDI memiliki isomer struktur 2,4-Tdi dan 2,6- TDI yang berada dalam bentuk campuran. Perbedaan campuran TDI berpengaruh terhadap sifat meknai proplan. Tujuan penelitian adalah mengembangkan metode pengujian struktur TDI, yaitu mengetahui komposisi 2,4- dan 2,6- yang menyusun TDI menggunakan analisis FTIR.

Penelitian dilakukan dengan mengambil 2,4-TDI murni sebagai blangko, kemudian diamati spektra IR-nya pada panjang gelombang 276 cm⁻¹, 298 cm⁻¹, dan 654cm⁻¹ sebagai serapan khusus struktur orto, meta, dan para toluen. Kadar 2,4-TDI ditunjukkan dengan serapan gugus orto, sedangkan kadar 2,6-TDI ditunjukkan dengan serpan gugus meta. Hasilnya kemudian diaplikasikan pada sampel TDI. Kadar 2,4-TDI dan 2,6-TDI ditentukan dengan mengukur luas serapan pada panjang gelombang spesifik.

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap hasil TDI, maka kadar isomer TDI dapat dibedakan berdasarkan serapan spesifik dari isomer 2,4 TDI dan 2,6 TDI pada panjang gelombang 783 cm⁻¹ (mewakili senyawa 2,4 TDI) dan pada panjang gelombang 815 cm⁻¹ (mewakili senyawa 2,6 TDI) berdasarkan pada kedudukan gugus NCO, yaitu substitusi meta dan para. Berdasarkan hasil pengujian untuk sampel TDI dengan komposisi 2,4/2,6 yang telah diketahui, memberikan akurasi 99%. Hasil analisis terhadap TDI-2012 sebagai TDI yang diimpor dari China untuk kepentingan penelitian propelan memiliki kadar isomer 2,4 TDI/2,6 TDI sebesar 30/70.

Kata kunci: FTIR, TDI, isomer.

Abstract

One of the problems in the research and development of composite solid propellant formulation is propellant materials testing specification to be used, the TDI, HTPB, Al, and AP. Slight differences can lead to large differences in characteristics such as Isp propellants and mechanical properties. TDI has an isomer structure of 2,4-TDI and 2,6 - TDI which is in the form of a mixture. TDI mix differences affect the nature mechanic. The research objective is to develop a method of testing the structure of TDI, which determine the composition of 2,4 - and 2,6 - which make up the TDI using FTIR analysis.

The study was conducted by taking pure 2,4-TDI as a blank, then the IR spectra observed at a wavelength of 276 cm⁻¹, 298 cm⁻¹ and 654cm⁻¹ as a specific absorption structure of the ortho, meta, and para toluene. Levels of 2,4-TDI was shown by absorption ortho group, while the levels of 2,6-TDI cluster indicated by serpan meta. The result is then applied to the sample TDI. Levels of 2,4-TDI and 2,6-TDI was determined by measuring the broad absorption at specific wavelengths.

Based on the observation of the results of TDI, the levels of TDI isomers can be distinguished by specific uptake of isomers 2.4 TDI and 2.6 TDI at a wavelength of 783 cm⁻¹ (representing a compound 2.4 TDI) and at a wavelength of 815 cm⁻¹ (representing 2.6 TDI compounds) based on the position of NCO groups, the meta and para substitution. Based on test results for samples with composition 2.4 TDI / 2.6 are already known, giving an accuracy of 99%. The results of the analysis of the TDI-2012 as TDI imported from China for the purpose of the study had higher levels of propellant isomer 2.4 TDI / 2.6 TDI at 30/70.

Keywords: FTIR, TDI, isomer.

1. PENDAHULUAN

TDI (*Toluene Diisocyanate*) merupakan bahan kimia yang penting sebagai *curing agent* pada proses pembuatan propelan komposit padat. TDI direaksikan dengan resin HTPB (*Hydroxy Terminated Polybutadiene*) untuk mendapatkan elastomer poliuretan sebagai matriks komposit dimana

* Peneliti Pusat Teknologi Roket-LAPAN

padatan oksidator terdistribusi di dalamnya. Dalam proses formulasi untuk mendapatkan propelan, maka spesifikasi TDI sangat berpengaruh terhadap karakteristik komposit poliuretan hasil reaksi resin HTPB dengan TDI. Fleksibilitas komposit, kekeroposan, porositas, dan waktu pematatan (*pot life*) sangat sensitif terhadap spesifikasi TDI. TDI bereaksi dengan HTPB membentuk polimer poliuretan, yang dapat terjadi kombinasi ikatan lurus dan ikatan silang sehingga pada saat berat molekul tertentu akan membentuk polimer padat. Selanjutnya reaksi dalam fase padat berlanjut sampai tidak terjadi lagi polimerisasi. Karakteristik komposit ditandai dengan sifat mekanik, porositas, dan waktu pematatan. Karakteristik propelan komposit diwakili dengan karakteristik matriks poliuretan tersebut.

TDI adalah senyawa kimia yang mudah rusak karena mudah bereaksi dengan uap air membentuk senyawa lain, dan juga terjadi autopolimerisasi dengan katalisator udara. Spesifikasi TDI yang berpengaruh terhadap karakteristik elastomer adalah bilangan isocianat dan struktur kimianya. Bilangan isocianat menunjukkan jumlah gugus isocianat bebas yang tersedia yang dapat bereaksi dengan gugus hidroksil dari HTPB membentuk poliuretan. TDI merupakan senyawa toluen yang tersubstitusi oleh dua gugus isocianat yang dapat tersubstitusi pada posisi 2,4-TDI dan 2,6-TDI, yang biasanya terdapat dalam bentuk campuran (Bellamy, 1980, Nyquist, dkk, 1972, Socrates, 1994). Struktur TDI akan sangat berpengaruh terhadap karakteristik elastomer (Bellamy, 1980, Gans, 1975). Perbedaan komposisi isomer 2,4-TDI dengan 2,6-TDI akan sangat berpengaruh terhadap sifat karakteristik komposit. Oleh karena itu, penting untuk dapat menentukan struktur TDI setiap periode tertentu sehingga dapat diambil formulasi disesuaikan dengan struktur TDI yang ada. Tujuan penelitian adalah mengembangkan metode pengujian struktur TDI, yaitu mengetahui komposisi 2,4- dan 2,6- yang menyusun TDI menggunakan analisis FTIR.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Analisis isocianat berdasarkan reaksi kimia sulit dilakukan. Analisis dengan NMR (*Nuclear Magnetic Resonancy*) dianggap cukup mahal biayanya. Salah satu peralatan yang potensial digunakan untuk menganalisis struktur TDI adalah FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), karena perbedaan posisi ikatan akan memberikan serapan gelombang pada infra merah yang berbeda dan karakteristik. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan struktur TDI dengan menggunakan FTIR. Harapan terhadap penelitian ini adalah diperoleh metode analisis struktur TDI yang murah, cepat dan akurat (Coates, 1996, Coleman, 1993, Szymanski dan Erickson, 1970).

Analisis konvensional isocianat dilakukan dengan reaksi dengan amin primer berlebih, sisa amin kemudian dititrasi dengan titrasi asidimetri hanya dapat diperoleh total isocianat, tetapi tidak bisa membedakan isomer yang terjadi (Koenig, 1996). Metode krioskopi adalah metode yang baik untuk membedakan isomer, namun terlalu sensitif sehingga sering menimbulkan kesalahan jika ada komponen ketiga. Analisis FTIR sangat memungkinkan untuk menganalisis isomer yang terbentuk berdasarkan serapan spesifik untuk masing-masing konfigurasi isomer tersebut (Lin-Vien, dkk., 1991, Nakamoto, 1997).

Berdasarkan teori gelombang elektromagnetik, maka suatu molekul yang tersusun atas atom-atom yang saling terikat memiliki energi ikatan yang tertentu untuk mencapai kestabilan. Ikatan antara atom-atom dalam suatu gugus fungsional memiliki getaran pribadi dengan frekuensi yang berbeda-beda tergantung dari jenis ikatan yang terjadi. Sebagai contoh, maka suatu gugus hidroksil dengan ikatan O-H memiliki getaran pribadi yang berbeda dengan gugus metil C-H. Atas dasar hal tersebut, jika suatu molekul dikenai oleh gelombang elektromagnetik, maka setiap gugus fungsional akan menyerap spektra pada frekuensi yang berbeda-beda. Frekuensi yang spesifik dari setiap gugus fungsional itulah yang digunakan untuk membedakan antara gugus fungsional satu dengan gugus fungsional yang lain. Setiap senyawa memiliki rangkaian gugus fungsional yang berbeda. Biasanya frekuensi gelombang elektromagnetik yang sesuai untuk senyawa organik adalah pada daerah infra merah. Untuk kepentingan spektroskopi, maka lebih dikenal dengan panjang gelombang (λ) sebagai sepele frekuensi (f), $\lambda=1/f$. Panjang gelombang dari spektrum infra merah adalah 600 cm^{-1} sampai dengan 4000 cm^{-1} (Haslam, dkk, 1979).

Menurut Hukum Lambert-Beer, jumlah serapan pada panjang gelombang tertentu disebut dengan intensitas serapan atau absorbansi (A), merupakan hasil kali dari absorptivitas ($\text{mL/gr}\cdot\text{mm}$), ketebalan sel atau dinding (mm), dan konsentrasi (gr/mL). Untuk kepentingan analisis, maka nilai absorbansi menunjukkan banyaknya serapan atau konsentrasi dari gugus fungsional pada panjang

gelombang yang bersangkutan. Hal ini mendasari untuk penggunaan analisis FTIR untuk mengukur kadar suatu senyawa secara kuantitatif (Lin-Vien, dkk., 1991).

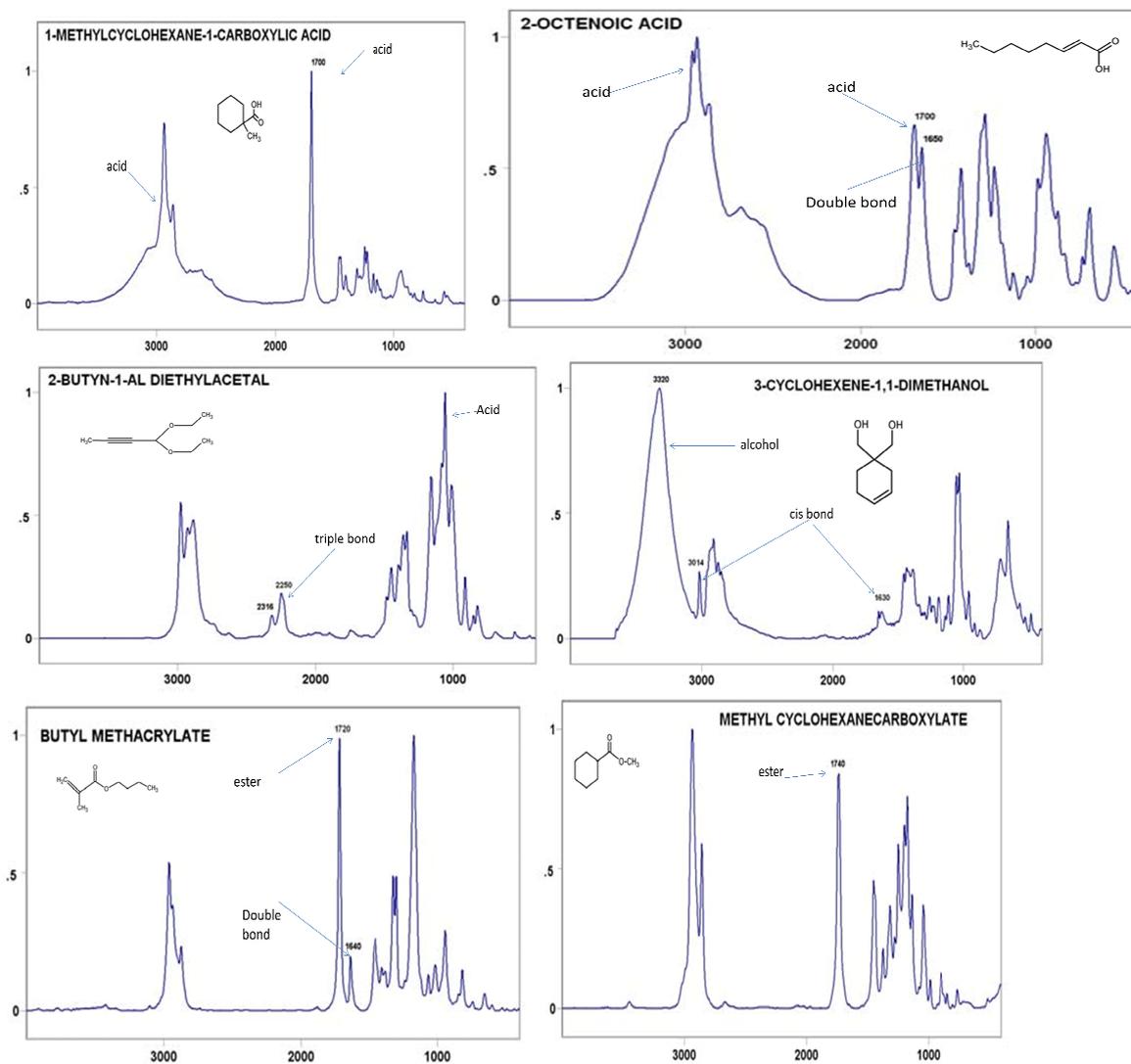
$$A = abc$$

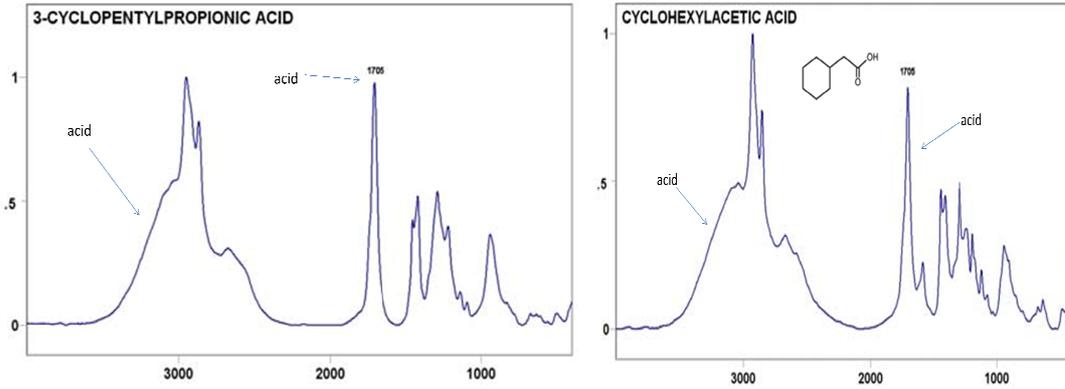
(1)

Analisis FTIR untuk isomer senyawa organik

Spektra infra merah memiliki informasi yang cukup baik mengenai konfigurasi atom dalam suatu molekul. Dengan demikian, spektra infra merah dapat digunakan untuk membedakan isomer suatu senyawa organik. Isomer adalah satu atau lebih dari senyawa yang memiliki rumus molekul dan berat molekul sama, tetapi berbeda dalam penataan ulang atau konfigurasi atom-atomnya (Hollas, 1996).

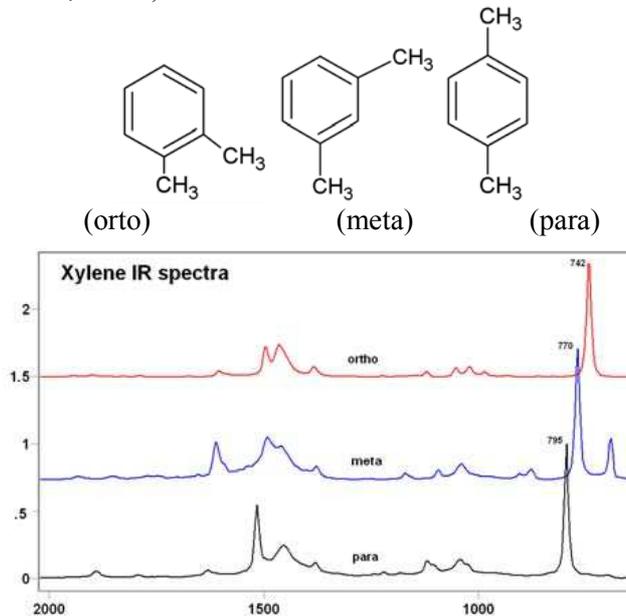
Spektrum FTIR khususnya memiliki kemampuan untuk membedakan isomer yang berbeda gugus fungsionalnya. Sebagai ilustrasi, isomer-isomer yang terdapat dalam senyawa dengan rumus kimia $C_8H_{14}O_2$, memiliki dua tingkat ketidakejenuhan, maka dengan infra merah dapat dibedakan berdasarkan serapan spesifik untuk panjang gelombang tertentu dari kedelapan senyawa tersebut (Coates, 1996, Coleman, 1993).





Gambar 2.1. Spektra isomer dari C₈H₁₄O₂

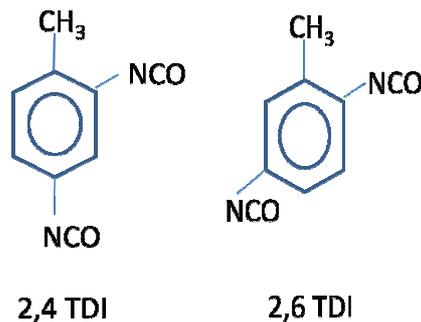
Spektra FTIR juga dapat membedakan struktur isomer dari senyawa aromatik, khususnya substitusi orto, para, dan meta. Serapan dari ikatan C-H yang dapat berbeda pada panjang gelombang dekat dengan 800, yaitu serapan posisi *o* (sekitar 750 cm⁻¹), *m* (sekitar 770 cm⁻¹), dan *p* (sekitar 805 cm⁻¹) (Bellamy, 1980, Coates, 1996).



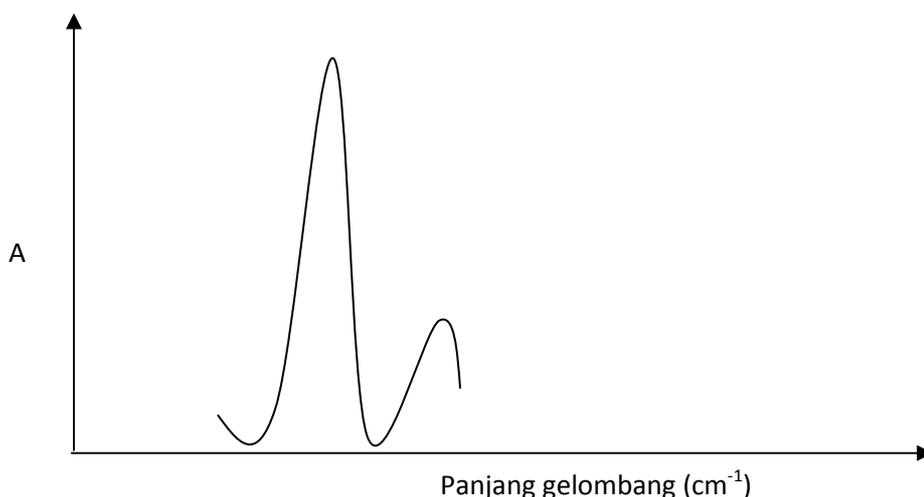
Gambar 2.2. Spektra FTIR dari xylene

Struktur TDI dan Jenis Ikatannya

TDI merupakan senyawa aromatis toluen yang tersubstitusi oleh gugus isocyanat (NCO). Berdasarkan strukturnya, maka TDI dapat terbentuk dengan kemungkinan substitusi gugus NCO terikat pada atom C no 2 dan 4 (2,4 TDI) dan struktur dengan gugus NCO terikat pada atom C no 2 dan 6 (2,6 TDI) seperti pada gambar 2.3. Berdasarkan strukturnya, maka struktur 2,4 TDI memiliki gabungan struktur orto dan para, sedangkan struktur 2,6 TDI memiliki gabungan struktur orto dan meta.



Menilik dari strukturnya, maka perbedaan menyolok dari 2,4 TDI dengan 2,6TDI adalah pada letak gugus NCO. Senyawa 2,4 TDI memiliki dua gugus NCO pada kedudukan orto (terikat pada atom C no 2) dan pada kedudukan para (terikat pada atom C no 4) terhadap struktur toluen. Senyawa 2,6 TDI memiliki dua gugus NCO pada kedudukan orto (terikat pada atom C no 2) dan pada kedudukan meta (terikat pada atom C no 6). Dengan demikian, maka perbedaan mendasar 2,4 tDI dan 2,6 TDI dapat dibedakan berdasarkan perbedaan serapan pada posisi meta untuk 2,6 TDI dan serapan pada posisi para untuk 2,4 TDI. Berbasiskan serapan meta dan para tersebut, maka konsentrasi atau persentasi dari masing-masing 2,4 TDI dan 2,6 TDI dapat diketahui berdasarkan intensitas serapan atau luas absorbansi serapan IR-nya (Haslam, dkk ,1979, Hollas, 1996).



Gambar 2.3. Contoh penentuan nilai absorbansi

3. METODOLOGI

Penelitian dilakukan dengan menganalisis TDI dengan struktur standar murni 2,4-TDI menggunakan FTIR. Selanjutnya mengamati serapan infra merah untuk mendapatkan gugus spesifik untuk struktur 2,4-TDI. Analisis TDI menggunakan FTIR Simadzu. Penelitian dilakukan dengan tahapan :

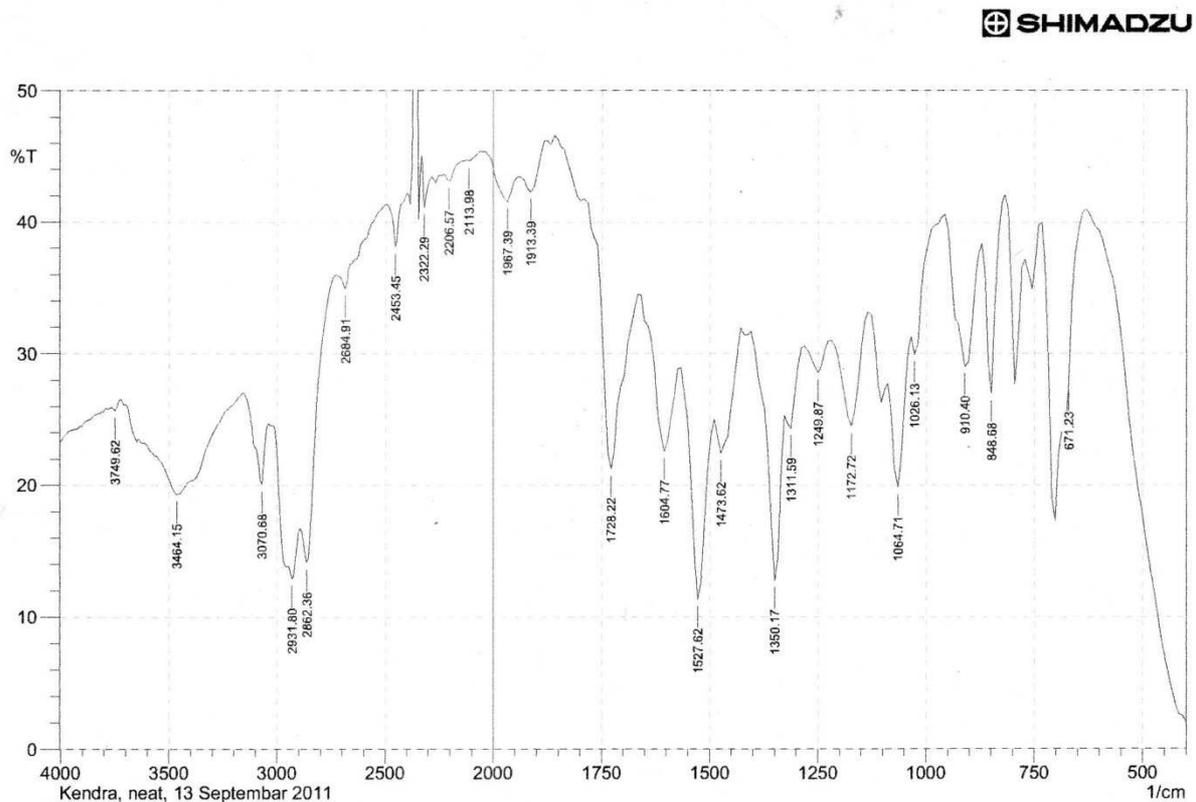
- (a) Identifikasi serapan spesifik untuk 2,4-TDI dan 2,6-TDI
- (b) Mencari kadar komposisi kandungan TDI dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang spesifik tersebut.
- (c) Mengukur kandungan 2,4-TDI dan 2,6-TDI dari sampel-sampel TDI.

TDI dari bahan baku propelan kemudian dianalisis dengan FTIR dan diamati serapan spesifiknya untuk mendapatkan serapan spesifik 2,4 dan 2,6 TDI. Kadar 2,4 dan 2,6 TDI ditentukan dari luas absorbansi dari spektra infra merah pada panjang gelombang spesifik untuk kedua gugus tersebut. Analisis dilanjutkan untuk sampel -sampel TDI yang lain. Analisis dilakukan dengan : (a) mencatat spektrum dari campuran isoer TDI, (b) mengevaluasi spektrum dalam daerah frekuensi dari gugus fungsional yang terkandung pada 600cm^{-1} sampai dengan 400cm^{-1} serta overtone yang menyertainya dengan model kemometrik kalibrasi, dilanjutkan dengan mengukur komposisi isomer dalam campuran.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

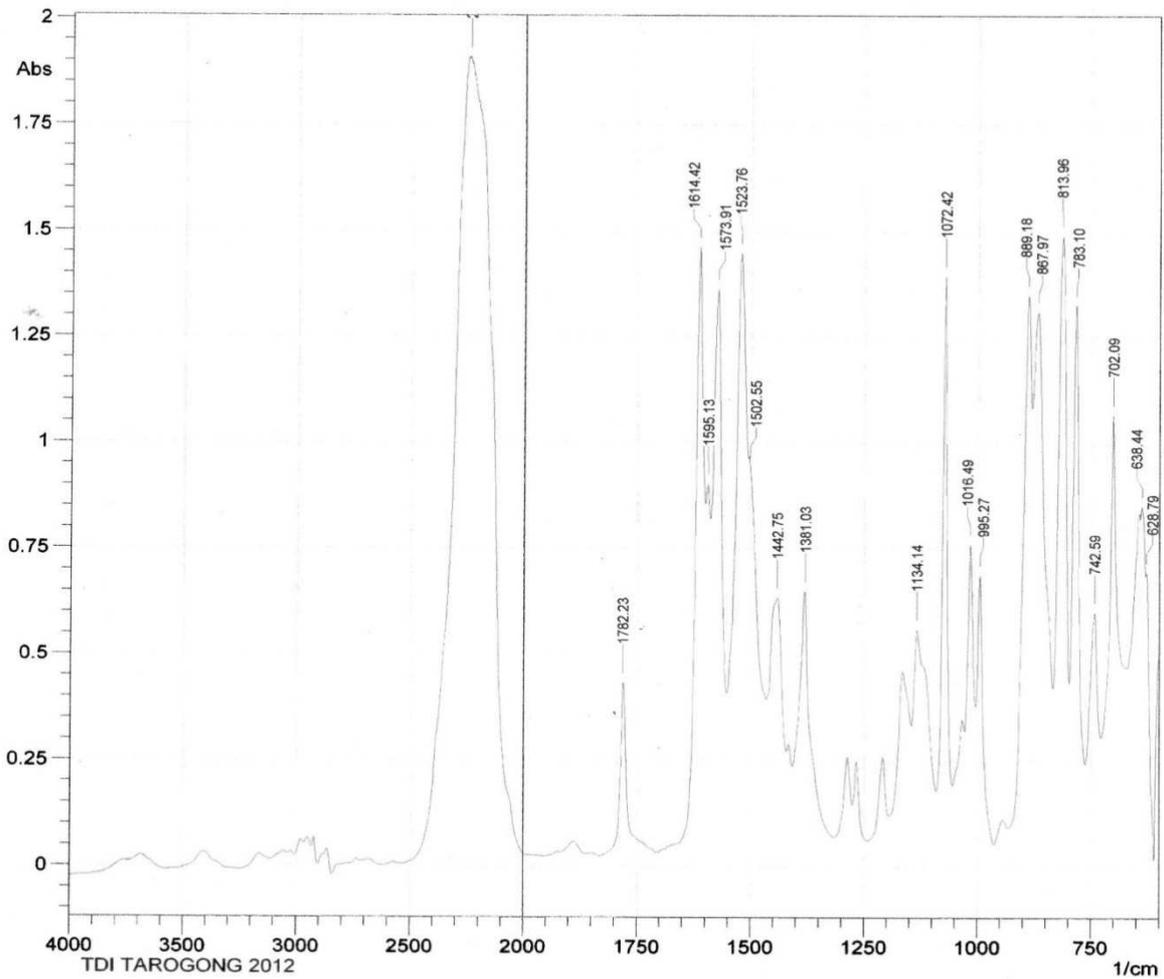
Hasil analisis awal terhadap 2,4-TDI murni ditunjukkan pada gambar 4 berikut. Sesuai dengan strukturnya, maka rantai cincin aromatis ikatan rangkap ditunjukkan dengan serapan pada $1400\text{-}1600\text{cm}^{-1}$, menunjukkan keberadaan gugus bensen (Socrates, 1994, Smith, 1999). Gugus isocianat (NCO) dapat ditunjukkan pada serapan pada panjang gelombang 2684cm^{-1} sebagai serapan dari ikatan karbonil CO pada gugus NCO. Ditilik dari strukturnya, senyawa 2,4-TDI memiliki gabungan bentuk struktur orto dan para. Struktur orto diperoleh dari gugus CH_3 pada toluen (terikat pada atom C cincin aromatis no 1) dengan gugus NCO yang terikat pada atom C cincin aromatis no 2. Struktur para diperoleh dari gugus CH_3 pada toluen dengan gugus NCO yang terikat pada atom C cincin aromatis no 4. Serapan pada kedudukan orto ditunjukkan dengan serapan pada panjang gelombang 750cm^{-1} yang

relatif kecil intensitasnya. Selanjutnya serapan pada kedudukan para ditunjukkan dengan serapan pada panjang gelombang 815 cm^{-1} dengan intensitas cukup tajam. Serapan pada panjang gelombang $2800 - 3000\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan serapan CH_3 dari toluen. Bellamy, 1980, Coates, 1996, Coleman, 1993, Dent dan Chalmers, 1997, Gans, 1975, Haslam, dkk, 1979, Hollas, 1996, Koenig, 1996, Lin-Vien, dkk., 1991, Nakamoto, 1997, Nyquist, dkk, 1972, Socrates, 1994, Smith, 1999, Steele, 1971, Szymanski dan Erickson, 1970



Gambar 4.1. Spektra IR dari 2,4-TDI

Selanjutnya berdasarkan hasil tersebut akan digunakan untuk menganalisis komposisi 2,4 TDI dan 2,6 TDI dari sampel yang ada. Satu sampel bahan TDI yang diimpor dari China dengan kode TDI-2012, ditampilkan spektranya pada gambar 4.2. Hasil serapan tersebut dapat dianalisis dengan hasil sebagai berikut : serapan cincin aromatis dari toluen ditunjukkan dengan serapan cukup banyak pada $1400-1600\text{ cm}^{-1}$. Serapan gugus CH_3 dari toluen ditunjukkan dengan serapan pada panjang gelombang $2800-3000\text{ cm}^{-1}$ (Bellamy, 1980, Coates, 1996). Adanya 2,4 TDI ditunjukkan dengan serapan pada panjang gelombang 750 cm^{-1} dan 815 cm^{-1} sebagai bentuk isomer pada kedudukan orto dan para. Serapan spesifik 2,6 TDI ditunjukkan pada serapan pada panjang gelombang 783 cm^{-1} yang cukup tajam. Hal tersebut menunjukkan bahwa sampel TDI dengan kode TDI-2012 mengandung 2,4 TDI dan 2,6 TDI.



Comment;
TDI TAROGONG 2012

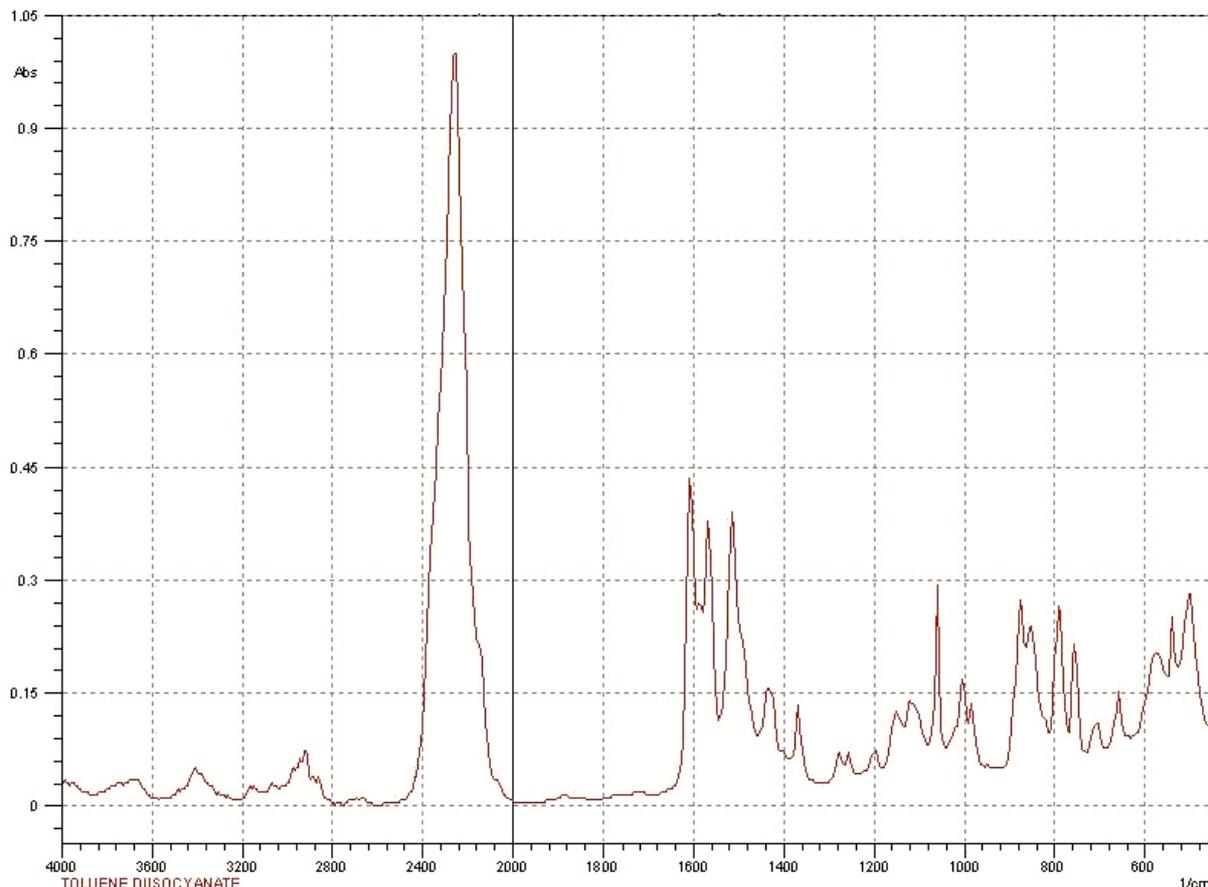
Date/Time; 04/27/2012 12:58:46 PM
No. of Scans; 20
Resolution; 4 [1/cm]
Apodization; Happ-Genzel

Gambar 4.2. Spektra dari TDI-2012

Untuk mengetahui komposisi 2,4 TDI dan 2,6 TDI, maka ditentukan dari besar intensitas dari serapan pada panjang gelombang 783 cm⁻¹ (mewakili senyawa 2,4 TDI) dan pada panjang gelombang 815 cm⁻¹ (mewakili senyawa 2,6 TDI). Nilai luasan dari absorbansi (A) pada panjang gelombang 783 cm⁻¹ dan 815 cm⁻¹ menunjukkan besaran 14,0193 mm² dan 33,2871 mm². Dengan menggunakan perbandingan dari kedua luas serapan tersebut, maka diperoleh rasio 2,4 TDI dengan 2,6 TDI adalah 30/70. Dengan demikian, ternyata kandungan isomer TDI dapat ditentukan berdasarkan FTIR dengan baik.

Untuk membuktikan hasil pengamatan tersebut, maka akan dicoba hasil analisis TDI dan membuktikan kandungan isomer 2,4 TDI dan 2,6 TDI dari suatu sampel pabrik yang telah diketahui. Sampel tersebut memiliki kandungan isomer 2,4 TDI dan 2,6 TDI adalah 20 :80. Hasil analisis FTIR ditunjukkan dengan gambar 4.3. Dengan spektra yang mirip dengan TDI yang lain, pengamatan difokuskan pada serapan pada panjang gelombang 783 cm⁻¹ (mewakili senyawa 2,4 TDI) dan pada panjang gelombang 815 cm⁻¹ (mewakili senyawa 2,6 TDI). Nilai luasan dari absorbansi (A) pada panjang gelombang 783 cm⁻¹ dan 815 cm⁻¹ menunjukkan besaran 16,01 mm² dan 64,046 mm² sesuai dengan hasil penelitian Socrates (1994). Dengan menggunakan perbandingan dari kedua luas serapan

tersebut, maka diperoleh rasio 2,4 TDI dengan 2,6 TDI adalah 20,2/79,8. Dengan demikian, ternyata kandungan isomer TDI dapat ditentukan berdasarkan FTIR dengan baik dan akurat (akurasi 99%)..



Gambar 4.3. Spektra sampel TDI.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap hasil TDI, maka kadar isomer TDI dapat dibedakan berdasarkan serapan spesifik dari isomer 2,4 TDI dan 2,6 TDI pada panjang gelombang 783 cm^{-1} (mewakili senyawa 2,4 TDI) dan pada panjang gelombang 815 cm^{-1} (mewakili senyawa 2,6 TDI) berdasarkan pada kedudukan gugus NCO, yaitu substitusi meta dan para.

Berdasarkan hasil pengujian untuk sampel TDI dengan komposisi 2,4/2,6 yang telah diketahui, memberikan akurasi 99%. Hasil analisis terhadap TDI-2012 sebagai TDI yang diimpor dari China untuk kepentingan penelitian propelan memiliki kadar isomer 2,4 TDI/2,6 TDI sebesar 30/70.

DAFTAR PUSTAKA

- Bellamy, L.J. . “*Advances in Infrared Group Frequencies, Infrared Spectra of Complex Molecules.*” Chapman & Hall, New York, Vol. 2. 1980.
- Coates, J.P. . ‘*The Interpretation of Infrared Spectra: Published Reference Sources*’, *Appl. Spectrosc. Rev.*31(1–2), 179–192. 1996.
- Coleman, P.B. ., *Practical Sampling Techniques for Infrared Analysis*, CRC Press, Colthrup, N.B., Daly, L.H., Wiberley, S.E.. 1990. “*Introduction to Infrared and Raman Spectroscopy*”. Academic Press, San Diego. 1993.
- Dent, G. , Chalmers, J.M. . “*Industrial Analysis with Vibrational Spectroscopy*, Royal Society of Chemistry, Cambridge. 1997.
- Gans, P. “*Vibrating Molecules: an Introduction to the Interpretation of Infrared and Raman Spectra*”. , Chapman & Hall, London. 1975.

- Haslam, H.A. Willis, D.C. Squirrel, “ *Identification and Analysis of Plastics.*” John Wiley & Sons, New York. 1979.
- Hollas, J.M. 1979. “ *Modern Spectroscopy.*” 3rd edition, John Wiley & Sons, New York. 1979.
- Koenig, J.L. . “ *Spectroscopy of Polymers.*” American Chemical Society, Washington, DC. 1996.
- Lin-Vien, D., Colthup, N.B., Fateley, W.G., Grasselli, W.G.. “ *Infrared and Raman Characteristic Frequencies of Organic Molecules.*” Academic Press, San Diego, CA. 1991.
- Nakamoto, K.. “ *Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds, Parts A and B.*” John Wiley & Sons, New York. 1997.
- Nyquist, R.A. , Putzig, C.L., Leugers, M.A. “ *Handbook of Infrared and Raman Spectra of Inorganic Compounds and Organic Salts.*” Academic Press, San Diego, CA. 1972.
- Socrates, G. . “ *Infrared Characteristic Group Frequencies.*” John Wiley & Sons, New York. 1994.
- Smith, B. . “ *Infrared Spectral Interpretation, a Systematic Approach,* CRC Press, Boca Raton, FL. 1999.
- Steele, D.. “ *Interpretation of Vibrational Spectra.*” Chapman & Hall, London. 1971.
- Szymanski, H.A., Erickson, R.E. “ *Infrared Band Handbook.*” Plenum Press, New York. 1970.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS

DATA UMUM

Nama Lengkap : Dr. Heri Budi Wibowo, MT, MSi
 Tempat & Tgl. Lahir : Boyolali, 21 Juni 1969
 Jenis Kelamin : Laki-Laki
 Instansi Pekerjaan : Pustekrokot LAPAN
 NIP. / NIM. : 1969-06-21-1993-03-1-002
 Pangkat / Gol. Ruang : IV-b
 Jabatan Dalam Pekerjaan : Peneliti Madya
 Agama : Islam
 Status Perkawinan : Kawin

DATA PENDIDIKAN

SLTA	:SMA 1 Boyolali	Tahun: 1987
STRATA 1 (S.1)	:FMIPA UGM	Tahun: 1992
STRATA 2 (S.2)	:FT UGM	Tahun: 1999
STRATA 3 (S.3)	:FT UGM	Tahun: 2004

ALAMAT

Alamat Rumah : Bukit Dago BDU-40, Rawakalong, Gunungsindur, Bogor 16340
 HP. : 081317688191

Alamat Kantor / Instansi :Jl Raya LAPAN, Sukamulya, Rumpin Bogor 16350
 Telp. : 021-75790031
 Email: heribw@gmail.com

HASIL DISKUSI DALAM PELAKSANAAN SEMINAR

Pertanyaan :

1. Bagaimana Sistem quality control untuk bahan baku propelan yang lain. (Bayu Utama)
2. Apakah proses produksi bisa diarahkan agar hasil TDI yang terbentuk memiliki rasio 2,4-TDI/2,6-TDI yang tertentu. (Bayu Utama)
3. Untuk kepentingan propelan, lebih baik yang dominan 2,4-TDI atau 2,6-TDI. (Bayu Utama)

Jawaban :

1. Sistem quality control untuk bahan baku propelan yang lain dapat kami jelaskan sebagai berikut :
 - a). Bahan amonium perklorat sebagai oksidator, perlu dilakukan kontrol kualitas meliputi : bentuk dan ukuran partikel, kandungan oksigen, kemurnian, porositas.
 - b). Bahan HTPB (HydroxyTerminated Polybutadiene) sebagai bahan bakar dan resin pembentuk komposit, perlu dilakukan kontrol kualitas meliputi : struktur, bilangan OH, kemurnian, viskositas, berat molekul rata-rata.
 - c). Bahan Alumunium sebagai solid fuel, perlu dilakukan kontrol kualitas meliputi bentuk dan ukuran partikel, kandungan alumunium (Al), pengotor, dan tipe alumunium.
2. Proses produksi dapat diarahkan agar hasil TDI yang diperoleh dominan isomer 2,4-TDI atau 2,6-TDI dengan mengatur kondisi prosesnya. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap struktur TDI yang terbentuk adalah suhu reaksi, tekanan reaksi, dan tipe reaksi yang digunakan. Semakin tinggi suhu dan tekanan reaksi yang digunakan, maka kecenderungan terbentuknya struktur 2,6-TDI menjadi lebih besar sehingga akan diperoleh hasil TDI dengan isomer 2,6-TDI yang lebih banyak. Reaksi dengan menggunakan posgenasi akan memberikan isomer 2,6-TDI yang lebih banyak, sedangkan reaksi dengan menggunakan dekomposisi dikarbamat akan memberikan isomer 2,4-TDI yang lebih banyak.
3. Untuk keperluan formulasi propelan komposit, maka komposit yang strukturnya secara geometris lebih rapat dan teratur akan memberikan komposit yang fleksibel dan kuat mekanik yang lebih baik, serta memiliki ruang yang lebih banyak untuk partikel padatan yang dapat dikandung (loading density). Berdasarkan struktur geometri TDI, maka struktur yang lebih teratur dan rapat adalah 2,6-TDI, sehingga untuk kepentingan formulasi propelan komposit diinginkan TDI dengan isomer dominan 2,6-TDI.