

IDENTIFIKASI GUGUS FUNGSI DALAM ENDAPAN 120C PABRIK AMONIA IB PT PETROKIMIA GRESIK DENGAN METODE ATR-FTIR

IDENTIFICATION OF FUNCTIONAL GROUPS IN SLUDGE 120C OF AMMONIA IB FACTORY PT PETROKIMIA GRESIK BY ATR-FTIR METHOD

Vidya Nur Cholillah* dan Mahindra Drajat Utomo

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences

Universitas Negeri Surabaya

Jl. Ketintang, Surabaya (60231), Telp. 031-8298761

**Corresponding author, tel/fax: 031-8298761, email: vidya.22091@mhs.unesa.ac.id*

Abstrak. Proses produksi amonia menggunakan gas alam dan nitrogen sebagai bahan baku dengan produk utama adalah amonia dan produk samping CO_2 . CO_2 yang berada pada proses produksi amonia harus dihilangkan dengan cara absorpsi menggunakan larutan benfield dan mengkonversi CO_2 menjadi CH_4 . Unit 144D pabrik amonia IB PT Petrokimia Gresik teracuni gas CO_2 dari unit LTS (Low Temperature Shift). Indikasinya berdasarkan terbentuknya endapan pada unit 120C cone strainer dan diduga endapan tersebut adalah amonium karbamat atau amonium karbonat. Identifikasi dilakukan menggunakan metode ATR-FTIR dengan membandingkan sampel dengan amonium karbamat standar juga dengan spektra IR amonium karbonat dan amonium bikarbonat dari literatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemiripan dari sampel dengan amonium karbamat adalah sebesar 87,6%. Terdapat puncak pada bilangan gelombang 3500-3300 cm^{-1} menunjukkan vibrasi N-H amina primer, 1600-1700 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi C=O stretching. Lalu pada 1490-1410 cm^{-1} yang menunjukkan adanya ion karbonat (CO_3^{2-}). Pada bilangan gelombang antara 1450-1400 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ion NH_4^+ . Kemungkinan senyawa yang terbentuk adalah campuran dari amonium karbamat dan amonium karbonat karena tidak dilakukan pengujian untuk mendapatkan persentase kemiripan amonium karbonat dengan sampel secara langsung.

Kata kunci : amonia, karbondioksida, amonium karbamat, ATR-FTIR

Abstract. The ammonia production process uses natural gas and nitrogen as raw materials with the main product being ammonia and by-product CO_2 . CO_2 in the ammonia production process must be removed by absorption using a benfield solution and converting CO_2 to CH_4 . Unit 144D of PT Petrokimia Gresik IB ammonia plant is poisoned by CO_2 gas from the LTS (Low Temperature Shift) unit. The indication is based on the formation of deposits in the 120C cone strainer unit and it is suspected that the deposits are ammonium carbamate or ammonium carbonate. Identification was carried out using the ATR-FTIR method by comparing the sample with standard ammonium carbamate as well as with the IR spectra of ammonium carbonate and ammonium bicarbonate from the literature. The results showed that the similarity of the sample with ammonium carbamate was 87.6%. There are peaks at wave numbers 3500-3300 cm^{-1} showing N-H vibrations of primary amines, 1600-1700 cm^{-1} which shows C=O stretching vibrations. Then at 1490-1410 cm^{-1} which shows the presence of carbonate ions (CO_3^{2-}). The wave number between 1450-1400 cm^{-1} shows the vibration of NH_4^+ ions. It is likely that the compound formed is a mixture of ammonium carbamate and ammonium carbonate because testing was not carried out to obtain the percentage of similarity of ammonium carbonate with the sample directly.

Key words: ammonia, carbondioxide, ammonium carbamate, ATR-FTIR

PENDAHULUAN

Indonesia sejak lama dikenal sebagai negara agraris. Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS), sebagian besar lahan di Indonesia yaitu sekitar 71,33% digunakan untuk pertanian. Luas lahan yang digunakan untuk pertanian pada tahun 2014 mencapai 44,95 juta hektar [1] Untuk meningkatkan kesuburan tanah dan meningkatkan keadaan kimiawi tanah maka ditambahkan pupuk pada lahan pertanian [2] PT Petrokimia Gresik adalah perusahaan milik negara yang memproduksi berbagai macam produk pupuk dan non-pupuk. Kompartemen Produksi I adalah unit yang menghasilkan pupuk berbasis nitrogen dan produk samping sebagai bahan baku untuk produk lain. Kompartemen tersebut membawahi Departemen Produksi I yang terdiri dari pabrik Amonia, Urea, ZA I, dan ZA III. Amonia merupakan produk utama dari pabrik amonia di Departemen Produksi I, sedangkan gas CO₂ yang digunakan merupakan produk samping dari pabrik amonia [3].

Amonia diproduksi dengan mereaksikan gas alam yang mengandung hidrogen dan nitrogen yang didapatkan dari udara bebas menggunakan katalis [4]. Dalam proses sintesis amonia, tidak dikehendaki adanya gas CO₂ dalam *ammonia converter* karena dapat menjadi racun katalis *ammonia converter* dengan mengurangi *life time* dari katalis tersebut. Maka dari itu gas CO₂ dalam proses produksi amonia harus dihilangkan atau dikonversi menjadi senyawa lain yaitu CH₄ yang bersifat inert terhadap katalis di *ammonia converter* [5].

Pada salah satu unit pabrik amonia IB yaitu unit 144D atau disebut methanator separator terdapat peristiwa berupa kontaminasi gas CO₂ sebesar 17% yang berasal dari unit LTS (*Low Temperature Shift*) karena *block valve* yang terhubung langsung dari LTS ke 144D tidak tertutup rapat. Selanjutnya pada unit 109D atau *dryer*, kandungan gas CO₂, CO, H₂, dan NH₃ harusnya maksimal sebesar 1 ppm namun pada saat kejadian, kadarnya mencapai ribuan ppm. Hal ini dikhawatirkan dapat mencemari pipa produksi, karena gas CO₂ dapat menjadi racun katalis di *ammonia converter* (katalis Fe₂O₃) [5]. Selain itu, hasil reaksi antara amonia dan gas CO₂ diantaranya dapat menghasilkan amonium karbamat dan amonium karbonat. Jika yang dihasilkan adalah amonium karbamat maka dapat menjadi masalah karena laju korosi amonium

karbamat pada *carbon steel* yang terdapat di unit *chiller* (120C) sebesar 900 mm/tahun. Maka dari itu segera dilakukan pembersihan pipa dengan cara mengalirkan aquademin ke pipa produksi untuk membersihkan senyawa-senyawa yang mengotori pipa.

Amonium karbamat (NH₄CO₂NH₂) merupakan senyawa antara hasil reaksi dari NH₃ dan CO₂ dalam pembentukan urea pada suhu yang sangat tinggi (177-227°C) dan tekanan (150-250 bar) [6].

Dalam proyek penelitian ini dilakukan identifikasi gugus fungsi dari endapan di unit 120C *cone strainer* pabrik amonia. Identifikasi endapan tersebut menggunakan metode ATR-FTIR (*Fourier Transform Infrared*) dengan membandingkan persentase kemiripan spektra IR dari endapan 120C *cone strainer* dengan amonium karbamat dan membandingkan kemiripan spektra IR sampel dengan literatur.

METODE PENELITIAN

Bahan

Beberapa bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel padatan (endapan unit 120C), amonium karbamat, dan metanol.

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah spatula dan instrumen FTIR *Agilent Cary 630*

Prosedur Penelitian

Seujung spatula bahan diletakkan pada kristal berlian lalu dianalisis dengan FTIR pada jangkauan bilangan gelombang 650-4000 cm⁻¹.

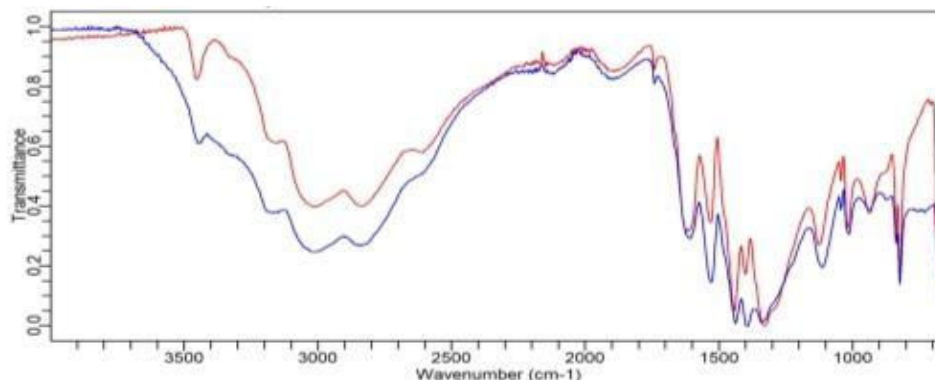
HASIL DAN PEMBAHASAN

Spektra FTIR amonium karbamat standar dengan sampel 120C

Pada gambar 1. ditemukan kemiripan *peak* antara sampel endapan 120C *cone strainer* dengan amonium karbamat dan ditemukan persentase kemiripan sebesar 87,6%. Nilai ini tergolong tinggi yang mengindikasikan bahwa dalam sampel tersebut struktur kimia dan gugus fungsi dari senyawanya sangat mirip dengan amonium karbamat. Kurva spektra berwarna merah dalam grafik adalah kurva dari sampel endapan 120C, sedangkan yang berwarna biru adalah kurva dari standar amonium karbamat. Pada kurva amonium

karbamat terdapat pita serapan di sekitar 3500-3300 cm^{-1} yang menunjukkan keberadaan ikatan N-H yang berasal dari gugus amina primer. Kemudian terdapat pita serapan di sekitar 1600-1700 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi C=O

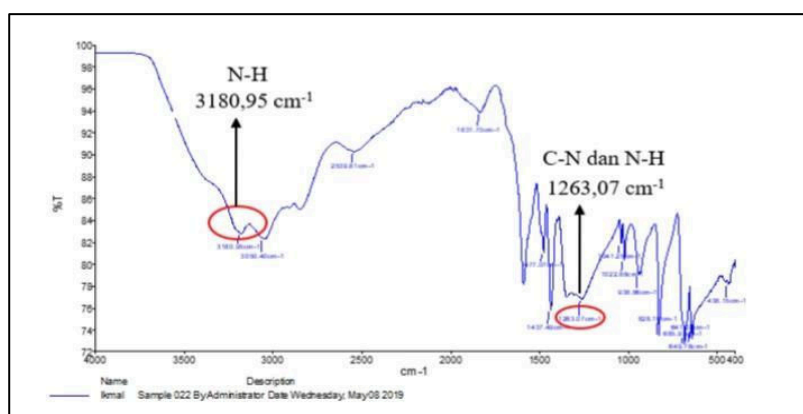
stretching. Kemudian ditemukan peak antara 1090-1020 cm^{-1} yang menunjukkan ikatan C-N. Pada bilangan gelombang antara 1450-1400 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ion NH_4^+ .



Gambar 1. Spektra IR amonium karbamat dan sampel 120C

Gambar 2. merupakan spektra IR amonium bikarbonat dari penelitian Jurniarsih dkk, 2022 yang akan digunakan sebagai pembanding dengan hasil spektra IR dari sampel endapan 120C. Pada gambar tersebut ditemukan pita serapan di sekitar 3180,95 cm^{-1} dan 3050,40 cm^{-1} , yang menurut referensi yaitu pada bilangan

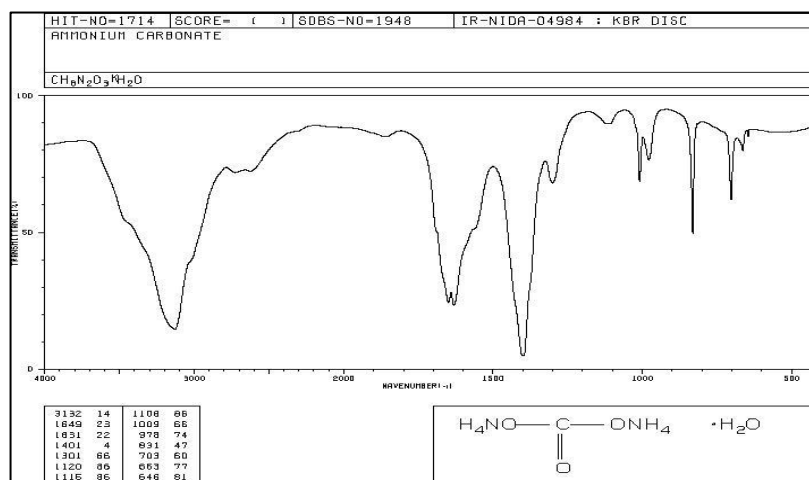
gelombang 3100–3300 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus N-H. Selain itu pada gambar tersebut juga menunjukkan adanya bilangan gelombang pada 1263,07 cm^{-1} . Hal ini menunjukkan bahwa pada sampel tersebut terdapat gugus N-H karena ditandai dengan adanya bilangan gelombang pada 1229-1301 cm^{-1} [7].



Gambar 2. Spektra IR amonium bikarbonat dari literatur

Gambar 3. merupakan spektra IR amonium karbonat dari web yang akan digunakan sebagai pembanding dengan hasil spektra IR dari sampel endapan 120C. Pada gambar tersebut ditemukan pita serapan 3132 cm^{-1} yang

menunjukkan adanya gugus N-H. Pada bilangan gelombang 1649-1631 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi C=O. Kemudian terdapat pita serapan pada 1401 cm^{-1} yang menunjukkan adanya ion karbonat (CO_3^{2-}) [8].



Gambar 3. Spektra IR amonium karbonat dari literatur

Kurva berwarna merah pada gambar 1. merupakan kurva dari sampel endapan 120C. Ditemukan pita serapan pada $3500\text{--}3300\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan ikatan N-H yang berasal dari gugus amina primer. Lalu terdapat bilangan gelombang pada $1600\text{--}1700\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi $\text{C}=\text{O}$ stretching. Lalu ditemukan bilangan gelombang antara $1600\text{--}1700\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya vibrasi $\text{C}=\text{O}$ stretching. Kemudian ditemukan bilangan gelombang pada $1490\text{--}1410\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya ion karbonat (CO_3^{2-}). Pada bilangan gelombang antara $1450\text{--}1400\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi ion NH_4^+ .

Berdasarkan data gugus fungsi di atas, kemungkinan senyawa yang terbentuk dari reaksi antara amonia dan karbondioksida adalah amonium karbonat karena ditemukan, ikatan N-H, ikatan $\text{C}=\text{O}$ stretching, ion amonium (NH_4^+), dan ion karbonat (CO_3^{2-}) pada spektra sampel unit 120C cone strainer. Selain itu pada spektra IR sampel tidak ditemukan vibrasi ikatan C-N seperti yang terdapat pada spektra IR amonium karbamat karena pada senyawa amonium karbamat sendiri memiliki ikatan C-N pada strukturnya. Meskipun data kemiripan antara amonium karbamat standar dan sampel mencapai 87,6% namun kemungkinan senyawa lainnya adalah amonium karbonat sebab tidak dilakukan perbandingan secara langsung namun hanya melalui literatur sehingga tidak diketahui persentase kemiripan sampel dengan amonium karbonat. Sedangkan dengan amonium bikarbonat sendiri tidak ditemukan vibrasi ion CO_3^{2-} juga namun di spektra IR sampel terdapat vibrasi ion CO_3^{2-} sehingga kemungkinan

senyawa yang terbentuk dalam sampel endapan 120C adalah amonium karbonat.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah kemungkinan senyawa yang terbentuk dari reaksi antara amonia dan karbondioksida adalah amonium karbonat karena ditemukan, ikatan N-H, ikatan $\text{C}=\text{O}$ stretching, ion amonium (NH_4^+), dan ion karbonat (CO_3^{2-}) pada spektra sampel 120C cone strainer. Selain itu pada spektra IR sampel tidak ditemukan vibrasi ikatan C-N seperti yang terdapat pada spektra IR amonium karbamat karena pada senyawa amonium karbamat sendiri memiliki ikatan C-N pada strukturnya. Meskipun data kemiripan antara amonium karbamat standar dan sampel mencapai 87,6% namun kemungkinan senyawa lainnya adalah amonium karbonat sebab tidak dilakukan perbandingan secara langsung namun hanya melalui literatur sehingga tidak diketahui persentase kemiripan sampel dengan amonium karbonat. Sedangkan dengan amonium bikarbonat sendiri tidak ditemukan vibrasi ion CO_3^{2-} juga namun di spektra IR sampel terdapat vibrasi ion CO_3^{2-} sehingga kemungkinan senyawa yang terbentuk dalam sampel endapan 120C adalah amonium karbonat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada PT Petrokimia Gresik melalui Program Praktik Kerja Lapangan (PKL). Terkhusus diantaranya adalah beberapa pihak sebagai berikut:

1. Bapak Mahindra Drajat Utomo, S. Si., M. M. selaku pembimbing Praktik Kerja Lapangan di PT Petrokimia Gresik.
2. Bapak Made Wahyu Ariyanto selaku pembina dan pendamping selama Praktik Kerja Lapangan di PT Petrokimia Gresik.

Alloy Steel AISI 4340 dengan Metode Pack Nitriding,” *FURNACE: Jurnal Metalurgi dan Material*, vol. 4, no. 2, pp. 1-9, 2021.

- [8] Chemical Book. Ammonium Carbonate. Diakses Pada 20 Mei 2025, dari https://m.chemicalbook.com/SpectrumEN_506-87-6_IR1.htm

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Fardiansyah and F. M. Sidjabat, “A Comparative Analysis of Environmental Management System Implementation in Fertilizer Industries: Case Study of PT Pupuk Kaltim, PT Pupuk Kujang, and PT Petrokimia Gresik,” *Serambi Engineering*, vol. 6, no. 3, pp. 2207-2218, 2021.
- [2] M. I. Dwiputri, A. Nawasanjani, Renanto, and R. P. Anugraha, “Pra Desain Pabrik Urea dari Amonia dan CO₂ Berbasis Proses Stamicarbon CO₂ Stripping,” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 10, no. 1, pp. 13-18, 2021.
- [3] D. T. D. Prastika, D. Q. Ayuni, A. Chumaidi, and Matmulyanto, “Perhitungan Neraca Massa Pada Stripper (DA-101) di Pabrik Urea Departemen Produksi IA PT Petrokimia Gresik,” *DISTILAT, Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 7, no. 2, pp. 500-504, 2021.
- [4] D. A. Fitri and M. I. Fermi, “Prarancangan Pabrik Ammonia dari Hidrokarbon dan Udara Menggunakan Proses KBR dengan Disain Alat Utama High Temperature Shift Converter (R-104),” *Jom FTEKNIK*, vol. 8, no. 1, pp. 1-9, 2021.
- [5] A. Q. Fadhilah and C. B. Muslikhah, *Laporan Magang Departemen Produksi IA Unit ZA PT Petrokimia Gresik*. Universitas Internasional Semen Indonesia: Gresik, 2021.
- [6] E. K. Sachin, A. Ramachandran, K. Palanivelu, D. A. Syrtsova, V.V. Teplyakov, and S. Kunalan, “Waste Cooking Oil as an Efficient Solvent for the Production of Urea Precursor Ammonium Carbamate from Carbon Dioxide,” *Greenhouse Gas Sci Technol*, 0:1–10, 2023, DOI: 10.1002/ghg.2036
- [7] A. Jurniarsih, Ikmal, dan A. Milandia, “Pengaruh Amonium Bikarbonat terhadap Sifat Kekerasan Permukaan pada Low