

# Sintesis Senyawa Turunan Aseton Peroksida Sebagai Material Energetik Yang Potensial Untuk Bahan Peledak/ Bom Pada Lingkungan Berair

Tri Soelistyo, Hengki Sudjatmoko, Muhammad Maulani, Tarya Risnandar, Ivan Septiana Ramadhan, Tati Setriawati, Ice Fahmi, Bagas Aji Bawono.

**Abstrac** — *Acetone peroxide derivatives (3,3-Dimethyl-1,2-dioxacyclopropane) are obtained by reacting acetone and hydrogen peroxide with specifications that can explode in an aqueous environment so that they become energetic materials with potential as explosives in aqueous environments. This study aims to obtain information on the synthesis of TCAP and DCAP, and the physicochemical properties of the two materials. Based on the results of the research, the yield of the product was 59.48% for the DCAP compound and 57.12% for the TCAP compound. Explosion test testing in an aqueous environment can be initiated properly at electrical initiation with conditions of 9 Volts and 0.21 Ampere.*

**Abstrak** — Senyawa turunan aseton peroksida (3,3-Dimethyl-1,2-dioxacyclopropane) didapatkan dengan mereaksikan aseton dan hidrogen peroksida memiliki spesifikasi dapat meledak dalam lingkungan berair sehingga menjadi material energetik yang potensial sebagai bahan peledak pada lingkungan berair. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang sintesis TCAP dan DCAP, dan sifat fisiko-kimia kedua bahan tersebut. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan randemen produk sebesar 59,48% untuk senyawa DCAP dan 57,12% untuk senyawa TCAP. Pengujian uji ledak di lingkungan berair dapat terinisiasi dengan baik pada inisiasi elektrik dengan kondisi 9 Volt dan 0,21 Ampere. **Kata Kunci:** bom, simulasi, CFD, fin, aerodinamika

**Kata Kunci:** Sintesis, material energetik, aseton, hidrogen peroksida.

## PENDAHULUAN

Material eksplosif bawah air telah digunakan secara luas dalam berbagai bidang mulai dari teknologi, akustik, hingga di bidang militer. Senyawa material eksplosif merupakan senyawa turunan yang tidak stabil, yang mengalami reaksi kimia untuk membentuk senyawa produk yang stabil. Reaksi eksplosif dapat bereaksi dengan diberikan pemicu berupa panas, hentakan, maupun gesekan yang dapat memberikan energi yang cukup untuk menginisiasi reaksi tersebut. Pencarian material energetik alternatif selain Trinitrotoluena (TNT) sebagai material energetik yang digunakan secara umum dilakukan secara ekstensif, diantaranya adalah

senyawa tricycloaseton peroksida (TCAP) dan dicycloaseton peroksida (DCAP). TCAP dan DCAP dikenal dengan senyawa energetik primer yang sensitif yang dapat terinisiasi pada kondisi didalam air (Agrawal, 2010). Kondisi tersebut menjadikan senyawa Aseton Peroksida memiliki potensi sebagai bahan peledak bawah

Penelitian ini berfokus pada proses sintesis senyawa turunan Aseton Peroksida berupa DCAP dan TCAP serta kemampuan senyawa tersebut terinisiasi dalam keadaan berair.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah aseton *analytical grade* 99%, hidrogen peroksida 30%, Asam Sulfat *analytical grade* 98%, Hydrochloric Acid 60%, dan larutan Natrium Karbonat 12%, aquabidest, Sedangkan alat yang digunakan antara lain, *tri-neck flask* yang dilengkapi *motorized stirrer*, *ice bath*, alat gelas, penangas, desikator, dan *chiller*, serta alat- alat untuk analisa lainnya.

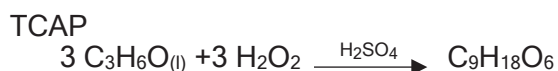
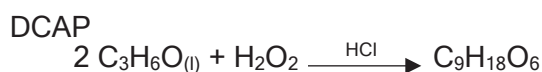
### Tahapan Penelitian

*Analisis Karakteristik Sifat Kimia dan Fisika dari Reagen.*

Analisis yang dilakukan terhadap reagen antara lain: titik leleh, titik didih, viskositas, dan densitas.

*Sintesis Pembuatan Senyawa Turunan Aseton Peroksida.*

Proses sintesis Aseton Peroksida dalam penelitian ini dilakukan dalam kondisi. Adapun senyawa turunan aseton peroksida yang diinginkan berupa dicyclo aseton peroksida (DCAP) dan tricyclo aseton peroksida (TCAP). Berikut adalah reaksi kimia yang terjadi pada reaktan menjadi aseton peroksida



Proses sintesis DCAP dimulai dengan menuangkan perlahan-lahan 10 mL hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) yang memiliki

konsentrasi 20-30% ke dalam gelas kimia yang mengandung 10 mL aseton ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ). Setelah itu, tambahkan 10 mL HCl 60% setetes demi setetes sambil mempertahankan suhu penangas antara 30 - 42°C dengan menggunakan *ice bath*. Campuran diaduk

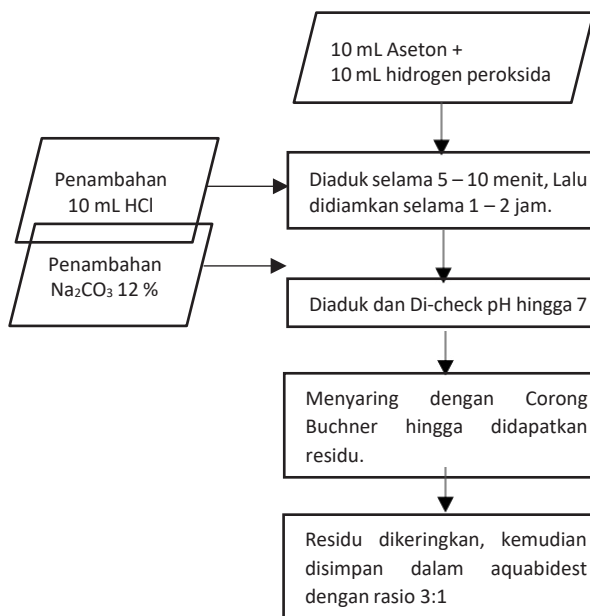
selama 5-10 menit dan menjaga suhu di suhu 30 - 42°C. Kemudian campuran didiamkan selama 1 - 2 jam. Kemudian campuran ditambahkan natrium karbonat 12% hingga pH campuran untuk menetralkan katalis asam yang terdapat pada hasil reaksi dan gunakan kertas pH untuk mengecek derajat keasaman. Setelah mencapai pH netral, gunakan proses penyaringan dan kumpulkan kristal yang seperti tepung pada kertas saring dan letakkan di bawah matahari untuk pengeringan. Setelah kering bahan ini dapat digunakan dalam detonator atau disimpan dalam air dengan rasio 3:1.

Untuk proses sintesis TCAP dimulai dengan menuangkan perlahan-lahan 9 mL hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) yang memiliki konsentrasi 20-30% ke dalam gelas kimia yang mengandung 15 mL aseton ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ). Turunkan temperatur hingga 5-10°C menggunakan penangas es. Setelah penurunan suhu tercapai, ambil 1 mL asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dalam gelas kimia terpisah. Dengan menggunakan pipet, secara perlahan-lahan tambahkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  tetes per tetes ke dalam gelas kimia campuran. Pertahankan suhu antara 5-10°C, kemudian aduk selama 5-10 menit. Tutup dan tinggalkan selama 2-3 jam. Menggunakan larutan natrium karbonat untuk menetralkan katalis asam yang terdapat pada hasil reaksi dan gunakan kertas pH untuk mengecek derajat keasaman. Setelah mencapai pH netral, gunakan proses penyaringan dan kumpulkan kristal yang seperti tepung pada kertas saring dan letakkan di bawah matahari untuk pengeringan. Setelah kering bahan ini dapat digunakan dalam detonator atau disimpan dalam air dengan rasio 3:1. Adapun diagram alir pembuatan senyawa turunan aseton peroksida dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.

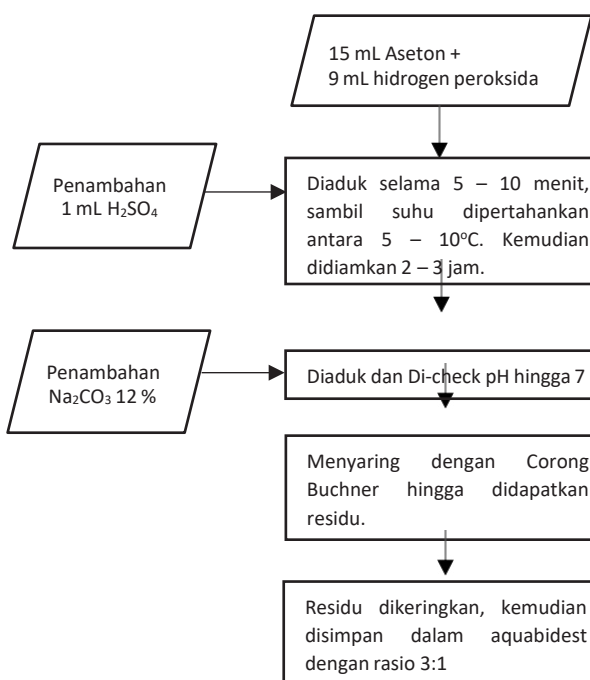
## Uji Kinerja Aseton Peroksida

Uji kinerja pada Aseton Peroksida dilakukan uji *ignition* terhadap kedua sampel hasil sintesis yang direkristalisasi dalam 500 mL dietil eter yang kemudian kristal diuji ledak di

dalam keadaan basah menggunakan pemicu berupa kawat nichrome A (80% Ni- 20 Cr) 0,0031 inchi dengan voltase baterai standar 9V.



Gambar 1. Diagram alir Sintesis DCAP



Gambar 2. Diagram alir Sintesis TCAP

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sifat Fisikokimia Reagen

Penelitian sintesis Aseton Peroksida ini menggunakan bahan baku berupa Aseton dan Hidrogen Peroksida. Aseton merupakan senyawa organik yang biasa digunakan sebagai pelarut semi-polar dan Hidrogen Peroksida digunakan sebagai bahan oksidator yang kuat, digunakan pula Asam Klorida dan Asam Sulfat sebagai katalis serta Natrium Karbonat sebagai penetral hasil sintesis. Sebelum dilakukan reaksi sintesis, perlu dilakukan analisis fisikokimia reagen. Adapun analisis fisikokimia yang diuji meliputi: titik didih, viskositas, dan densitas. Hasil analisis bahan kimia yang digunakan selengkapnya disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Reagen Aceton Peroksida

| Aseton             |                          |                        |
|--------------------|--------------------------|------------------------|
| Parameter          | Satuan                   | Hasil Analisis         |
| Titik Didih        | °C                       | 56,05                  |
| Viskositas         | cP (25 °C)               | 0,295                  |
| Densitas           | g/cm <sup>3</sup> (25°C) | 0,7845                 |
| Hidrogen Peroksida |                          |                        |
| Parameter          | Satuan                   | Hasil Analisis         |
| Titik Didih        | °C                       | 150°C<br>(dekomposisi) |
| Viskositas         | cP (20 °C)               | 1,2451                 |
| Densitas           | g/cm <sup>3</sup> (20°C) | 1,11                   |
| Asam Klorida       |                          |                        |
| Parameter          | Satuan                   | Hasil Analisis         |
| Titik Didih        | °C                       | 48                     |
| Viskositas         | cP (20 °C)               | 2,10                   |
| Densitas           | g/cm <sup>3</sup> (20°C) | 1,189                  |
| Asam Sulfat        |                          |                        |
| Parameter          | Satuan                   | Hasil Analisis         |
| Titik Didih        | °C                       | 340<br>(dekomposisi)   |
| Viskositas         | cP (20 °C)               | 26,7                   |
| Densitas           | g/cm <sup>3</sup> (20°C) | 1,84                   |
| Natrium Karbonat   |                          |                        |
| Parameter          | Satuan                   | Hasil Analisis         |
| Titik Didih        | °C                       | -                      |
| Viskositas         | cP (20 °C)               | 3,4                    |
| Densitas           | g/cm <sup>3</sup> (20°C) | 2,54                   |

### Hasil Sintesis Senyawa Aseton Peroksida

Randemen reaksi merupakan perbandingan antara jumlah produk yang diperoleh dalam suatu reaksi kimia yang dibandingkan dengan jumlah teoritis reaksi kimia secara stoikiometri (Vogel, et al. 1996). Persentase randemen dapat dibandingkan antara berat produk secara aktual (yang terjadi di laboratorium) dan berat teoritis dimana semua reaktan bereaksi membentuk produk dan tidak terdapat produk samping dari reaksi tersebut. Randemen reaksi dapat ditulis dengan persamaan berikut:

$$\% \text{ Randemen} = \frac{\text{Berat produk}}{\text{Berat teori}} \times 100\%$$

Berdasarkan Vogel, persentase randemen mendekati 100% disebut kuantitatif, diatas 90% disebut istimewa, hasil diatas 80% sangat baik, diatas 70% dikatakan baik, hasil produk diatas 50% dianggap cukup, dan hasil dibawah 40% dianggap buruk. Menurut Whitten et. al (2002), hasil produk akan selalu lebih kecil dari 100% dikarenakan beberapa faktor, diantaranya: tidak seluruh reaktan bereaksi membentuk produk, selain itu terdapat hasil samping yang terbentuk selama proses sintesis. Terlebih pada reaksi kesetimbangan dimana terjadi reaksi balik antara reaktan dan produk dalam keadaan kesetimbangan. Selain itu, produk juga dapat hilang pada saat proses pemisahan dan pemurnian produk.

Pada proses sintesis DCAP dan TCAP, didapatkan randemen masing-masing sebesar 59,48% dan 57,12%. Hal ini terjadi karena reaksi sintesis DCAP dan TCAP merupakan reaksi reversible. Selain itu, hidrogen peroksida merupakan senyawa yang mudah terdegradasi menjadi air dan oksigen sehingga tidak semua reaktan yang tersedia dapat bereaksi menjadi produk yang diinginkan. Untuk jalur sintesis TCAP, terdapat pula reaksi samping berupa DCAP yang memperkecil randemen dari senyawa produk TCAP.

## Hasil Uji *Ignition* Senyawa Aseton Peroksida

Berdasarkan Ledgard (2005), senyawa DCAP dan TCAP dapat terinisiasi pada suhu 86oC. Dengan kawat Nichrome A (80% Ni, 20% Chrome) 0,0031 inchi atau  $3,1 \times 10^{-3}$  inchi. memiliki nilai hambatan internal ( $\rho$ ) sebesar  $39,4\mu\Omega/\text{in}$ . dengan voltase baterai standar 9V, dapat dihitung arus maksimal yang dapat mengalir dalam kawat nichrome A sebesar

$$I = \frac{V}{\frac{(\rho \cdot L)}{(n \cdot r^2 \cdot 0,25)}} \cdot 9V$$

$$I = \frac{((39,4 \cdot 10^{-6}) \cdot 1)}{(3,14 \cdot (3,1 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,25)} \cdot 9V$$

$$I = \frac{9V}{9,972 \Omega}$$

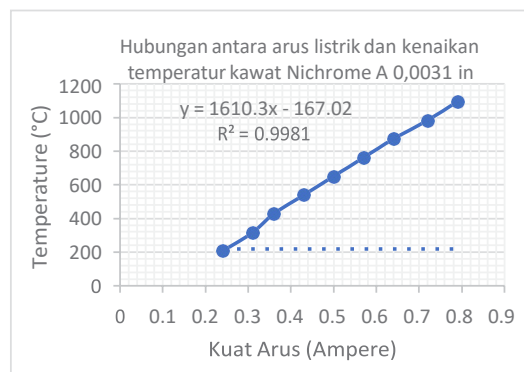
$$I = 0,926 A$$

Dengan menggunakan data hubungan antara arus listrik dan kenaikan temperatur kawat Nichrome A yang bersumber dari [www.wiretron.com](http://www.wiretron.com) didapatkan temperatur maksimum yang dilewati listrik 9 Volt - 0,926 A untuk kawat Nichrome A sebesar 1324oC. Dengan mengatur arus listrik yang masuk melewati kawat, dan disesuaikan pada 2x

## KESIMPULAN

Berdasarkan sintesis bahan turunan Aseton Peroksida, didapatkan randemen DCAP dan TCAP masing - masing sebesar 59,48% dan 57,12%. Berdasarkan uji nyala kristal DCAP dan TCAP di dalam air, didapatkan hasil kedua kristal terinisiasi saat diberikan pemicu elektrik sebesar 0,21 Ampere dan 9 Volt. Untuk

temperatur inisiasi senyawa Aseton Peroksida (172oC), didapatkan arus listrik yang diperlukan sebesar 0,21 Ampere. Setelah pengujian dilakukan didalam air dengan kondisi 9V dan 0,21 Ampere, baik sampel DCAP dan TCAP dapat terinisiasi dengan baik.



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Kuat Arus Listrik dan Kenaikan Temperatur kawat kawat Nichrome A 0,0031 in

mendapatkan data analisis yang lebih valid dan *reliable*, dibutuhkan perangkat uji yang sesuai dengan *military specification* seperti uji *Velocity of Detonation*, *Heat of Detonation test*, *Explosive Brisance test*, dan *explosion temperature test*.

## DAFTAR PUSTAKA

Agrawal J.P., (2010). *High Energy Materials*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Ledgard, Jared. B, (2005). *Preparation Manual of Explosives*. Jared Ledgard

Vogel, et al. (1996). *Vogel's Textbook of Practical Organic Chemistry, 5<sup>th</sup> Ed*. United States of Americ: Prentice Hall.

Whitten, Kenneth W.; Davis, Raymond E; Peck, M. Larry (2002). *General chemistry*. Fort Worth: Thomson Learning.

WireTronic.Inc (2017). *Current/Temperature Table - Ni Cr A (80) & Ni Cr (60)*. Diakses pada 24 November 2021, dari <https://wiretron.com/nichrome-resistance-informational-charts/>