

# BAB 1

## Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Formaldehida ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) merupakan bahan kimia penting bagi perekonomian global, yang banyak digunakan dalam konstruksi, pengolahan kayu, furnitur, tekstil, karpet, dan industri kimia. Beberapa produk dari bahan baku formaldehida yang umum meliputi 1,4-butanediol (BDO), difenilmetana diisosianat (MDI), resin melamin formaldehida (MF), resin fenol-formaldehida (PF), dan resin urea-formaldehida (UF) (Li & Wang, 2006; Jin & Li, 2007). Formaldehida biasanya dimanfaatkan dengan cara direaksikan dengan urea, fenol, dan melamin untuk menghasilkan kondensat yang dapat dipakai untuk membuat perekat, resin, dan senyawa pembentuk lainnya (Andersson et al., 2016). Akan tetapi formaldehida juga merupakan senyawa intermediet yang dapat membentuk berbagai jenis bahan kimia lainnya seperti: polyacetal, 4,4'-diphenylmethane diisocyanate (MDI), 1,4-butanediol (BDO) and polyols (Andersson et al., 2016). Jadi, formaldehida berperan penting untuk menjadi bahan baku produksi bahan kimia lainnya dengan menjadi produk intermediate. Dari fungsi tersebut kita dapat mengetahui bahwa formaldehida merupakan blok/ grup bahan penyusun sintesis resin industri seperti melamin-formaldehida, urea-formaldehida, dan fenol-formaldehida. Karena penggunaan turunan formaldehida dalam pengolahan kayu dan furnitur, karpet dan tekstil, serta konstruksi, bahan kimia ini dianggap sebagai bahan penting dalam ekonomi global.

Walaupun formaldehida memiliki banyak kegunaan, tetapi formaldehida juga merupakan bahan kimia yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Formaldehida kini juga telah diklasifikasikan sebagai karsinogen manusia yang minibike kanker nasofaring dan mungkin leukemia (IARC, 2006). Meskipun formaldehida merupakan produk metabolisme alami tubuh manusia, paparan dosis tinggi meningkatkan risiko keracunan akut, sementara paparan jangka panjang dapat menyebabkan keracunan

kronis dan bahkan kanker (IARC, 2006). Jadi, pembuatan pabrik formaldehida itu sangatlah penting untuk memenuhi kebutuhan manusia yang harus tercapai dengan memperhatikan risiko dari paparan formaldehida itu sendiri.

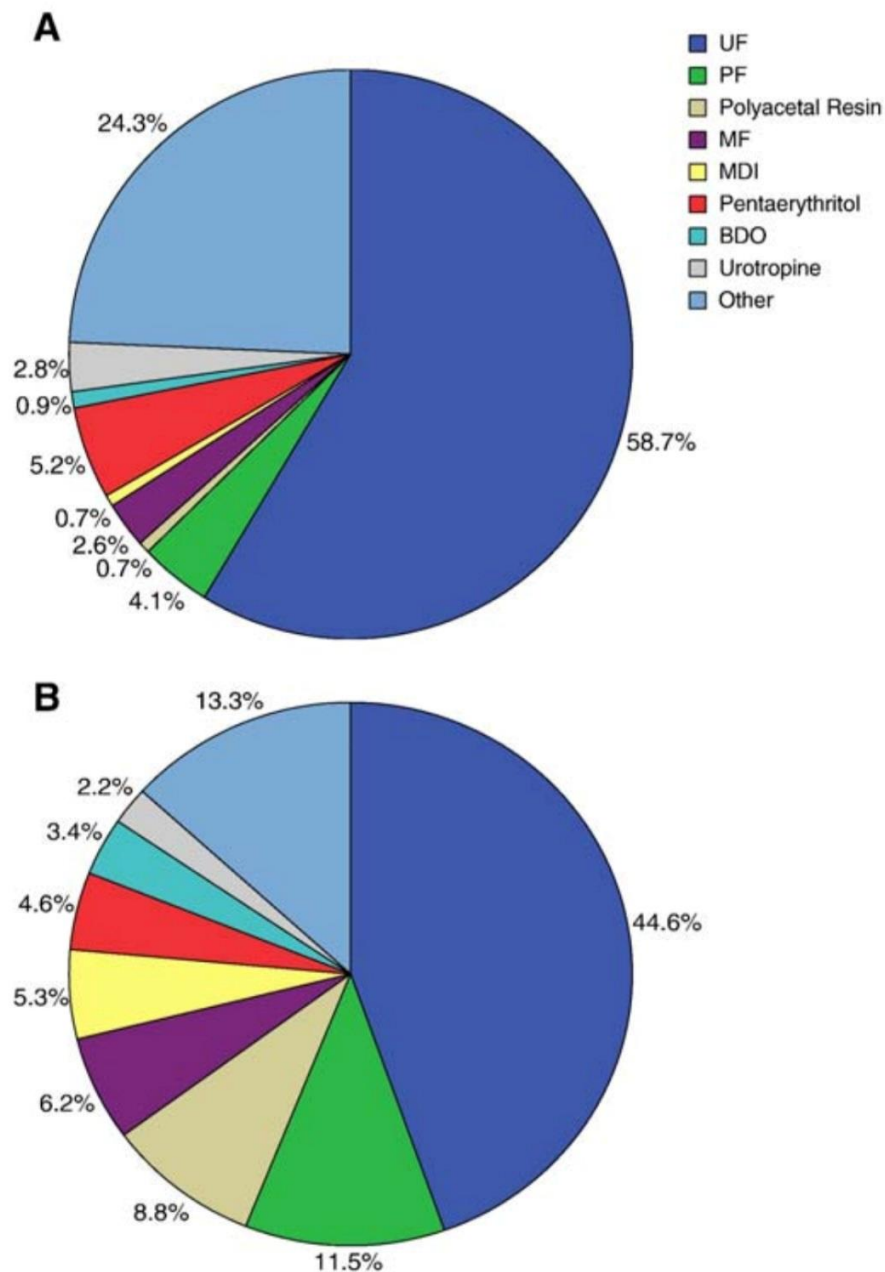


Figure 1. Produk akhir dari pengolahan bahan baku formaldehida

Pembuatan formaldehida menggunakan bahan baku metanol, di mana metanol tersebut juga dimanfaatkan sebagai berikut:

- Pembuatan dimetil eter (DME)

Proses pembuatan dimetil eter secara komersial biasanya diproduksi dari bahan baku metanol. Proses pembuatan DME saat ini merupakan sintesis dua tahap, di mana metanol harus diproduksi terlebih dahulu sebelum dilanjutkan dengan reaksi dehidrasi terhadap metanol (Dalena et al., 2018). Reaksi dehidrasi terhadap metanol ini akan menghasilkan DME. Jadi, metanol merupakan bahan baku yang penting untuk memproduksi bahan kimia lainnya. Dengan kata lain metanol dapat disebut juga sebagai produk intermediet.

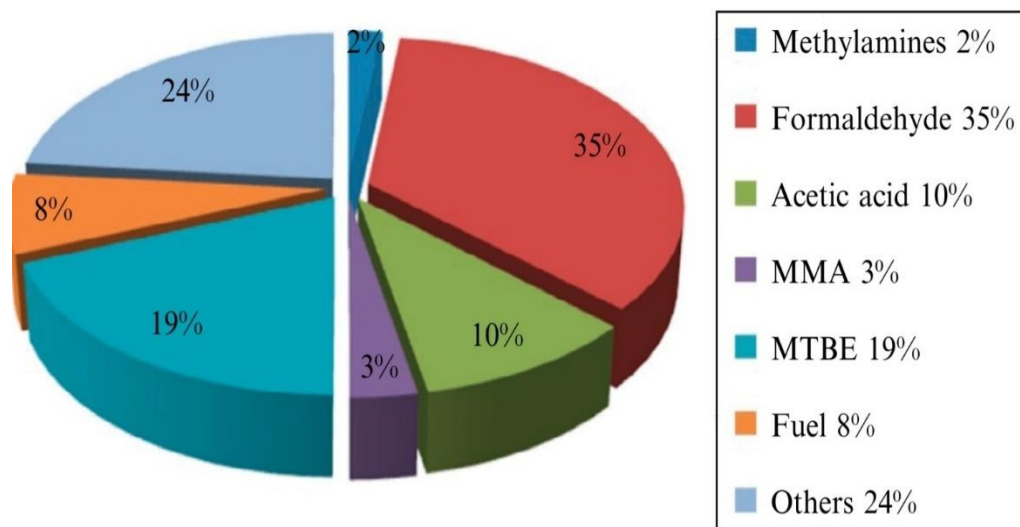
- Produksi hidrogen

Proses produksi yang banyak digunakan dalam produksi hidrogen adalah metanol steam reforming (MSR) (Sa et al., 2010). Akan tetapi penggunaan teknologi elektrolisis air merupakan pilihan terbaik untuk memproduksi hidrogen yang sangat murni dengan sangat cepat (Menia et al., 2017). Meskipun begitu, metanol tetap merupakan produk intermediet yang dapat membentuk produk yang lebih berguna lainnya dalam skala besar.

- Sebagai bahan bakar

Berbagai jenis bahan bakar berbasis rantai karbon pada dasarnya bisa menghasilkan energi dengan teknologi penghasil energi yang tepat. Di teknologi modern ini, ada mesin penghasil energi dari bahan kimia yang bernama sel bahan bakar metanol langsung atau dalam bahasa Inggris disebut direct methanol fuel cell (DMFC), di mana mesin tersebut menggunakan metanol murni atau dalam bentuk larutan sebagai bahan bakar yang dapat bekerja pada suhu ruang (Li & Faghri, 2013). Dengan begitu metanol sebenarnya bisa menjadi bahan bakar seperti minyak bumi untuk menghasilkan energi listrik untuk kebutuhan rumah maupun produksi formaldehida di pabrik yang sedang dibangun.

Jadi, karena pembuatan formaldehida dan metanol bermanfaat dalam konteks yang luas, pabrik pembuatan formaldehida ini sudah seharusnya dibuat.

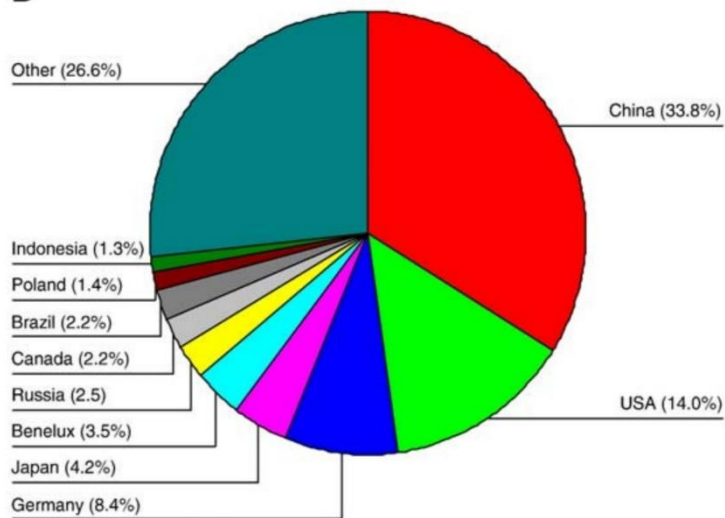


**Figure 2. Produk dari methanol**

## 1.2 Data Analisis Pasar (Heading 2)

Di dalam pasar global ada beberapa negara penyumbang kontribusi produksi formaldehida. China menjadi produsen terbesar dengan kontribusi sebesar **33,8%**, disusul oleh **Amerika Serikat (USA)** sebesar **14,0%**, dan **Jerman** sebesar **8,4%**. Negara-negara lain yang juga memberikan kontribusi signifikan termasuk **Jepang (4,2%)**, **Benelux (3,5%)**, **Rusia (2,5%)**, **Kanada (2,2%)**, **Brasil (2,2%)**, **Polandia (1,4%)**, dan **Indonesia (1,3%)**. Sementara itu, negara-negara lainnya secara kolektif menyumbang **26,6%** dari total produksi formaldehida dunia. Data ini memberikan gambaran jelas mengenai dominasi China dalam industri formaldehida serta peran penting negara-negara industri lainnya.

**B**



**Figure 3. Persentase negara penyumbang kontribusi dalam produksi formaldehida di dunia**

Dalam pasar global juga menunjukkan bahwa produksi metanol yang adalah bahan baku pembuatan formaldehida mengalami peningkatan yang signifikan dari tahun ke tahun. Pada tahun 1975, produksi metanol masih berada di bawah 20 juta ton per tahun, namun terus meningkat tajam menjadi sekitar 30 juta ton pada tahun 1991. Lonjakan yang lebih drastis terjadi setelah tahun 2000, dengan produksi mencapai sekitar 50 juta ton pada tahun 2006 dan terus bertambah setiap beberapa tahun. Pada tahun 2012, produksi telah melampaui 70 juta ton, dan pada tahun 2016, jumlahnya mencapai lebih dari 90 juta ton per tahun. Kenaikan ini mencerminkan meningkatnya permintaan metanol sebagai bahan baku penting dalam industri petrokimia, bahan bakar alternatif, serta penggunaannya dalam produk turunan seperti formaldehida dan asam asetat. Peningkatan kapasitas produksi ini juga menandakan perkembangan teknologi proses yang lebih efisien dan ekspansi industri kimia global, terutama di kawasan Asia.

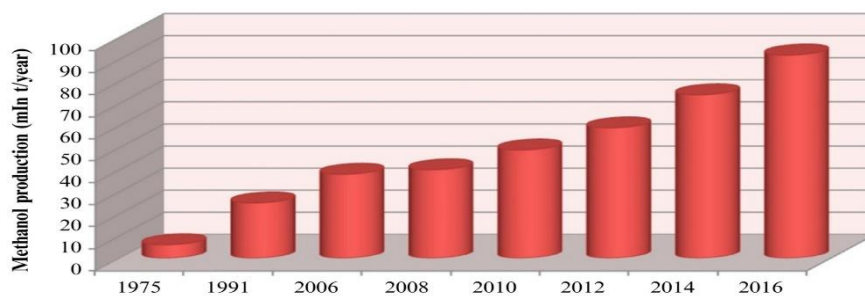


Figure 4. Pertumbuhan produksi metanol dari masa ke masa

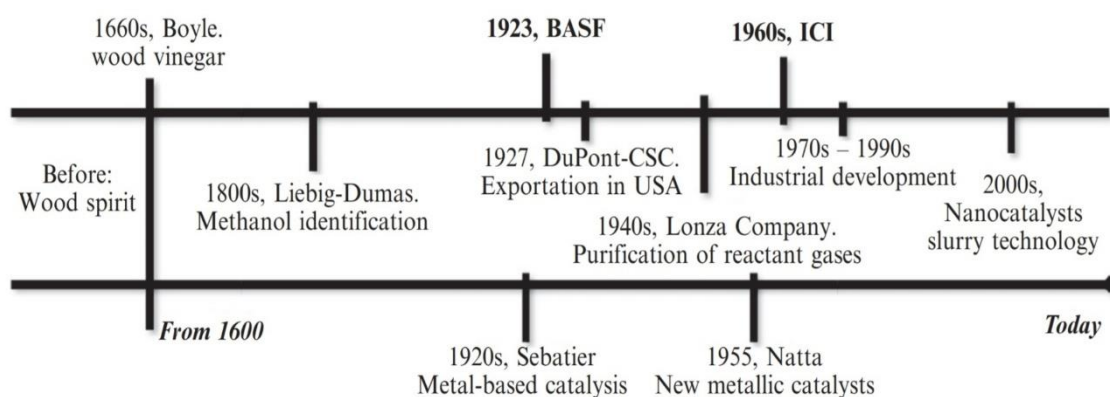


Figure 5. Perkembangan teknologi produksi metanol dari masa ke masa

### 1.3 Penentuan Kapasitas Pabrik

Dalam sejarah perkembangannya produksi formaldehida ditemukan bahwa adanya tren peningkatan kapasitas produksi dan konsumsi formaldehida di China dari tahun 1955 hingga 2006. Selama lebih dari tiga dekade awal, baik kapasitas maupun konsumsi formaldehida tetap rendah dan relatif stabil. Namun, sejak awal 1990-an, terjadi lonjakan tajam pada kedua kurva. Peningkatan paling signifikan terlihat setelah tahun 2000, di mana kapasitas produksi (ditandai dengan garis berwarna merah muda) meningkat secara drastis, mencapai hampir 16.000 kiloton pada tahun 2006. Konsumsi atau output formaldehida (ditandai dengan garis biru tua) juga meningkat pesat, meskipun masih berada sedikit di bawah kapasitas produksi. Kesenjangan antara kapasitas dan konsumsi yang mulai terlihat sejak pertengahan 1990-an menunjukkan bahwa China mulai membangun kapasitas produksi yang melampaui kebutuhan domestik, kemungkinan untuk memenuhi permintaan ekspor atauantisipasi pertumbuhan industri dalam

negeri. Data ini mencerminkan pesatnya pertumbuhan industri kimia di China dalam kurun waktu tersebut.

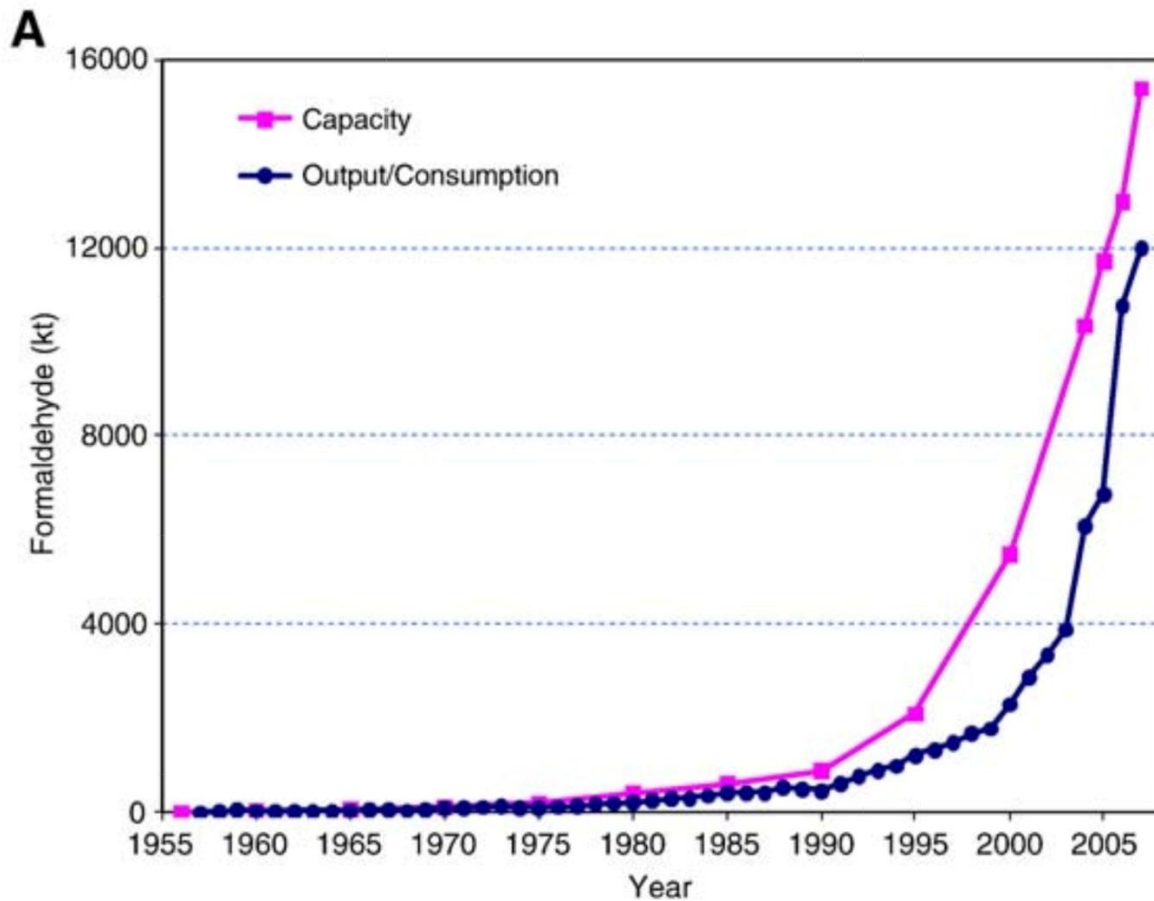


Figure 6. Peningkatan produksi dan konsumsi formaldehida di Cina

Kapasitas produksi pabrik formaldehida bervariasi tergantung pada skala operasinya. Pabrik skala kecil umumnya memiliki kapasitas hingga sekitar 5.000 ton per tahun, atau setara dengan sekitar 14 ton per hari. Pabrik menengah memiliki kapasitas antara 20.000 hingga 90.000 ton per tahun, yaitu sekitar 55 hingga 250 ton per hari, sedangkan pabrik berukuran besar dapat menghasilkan lebih dari 100.000 ton per tahun, atau sekitar 270 ton per hari atau lebih (Tang et al., 2009; Hassan & Kadhum, 2020). Misalnya, pabrik formaldehida milik Assam Petro-

Chemicals di India memiliki kapasitas sekitar 325 ton per hari, menjadikannya salah satu produsen besar di Asia (Hassan & Kadhum, 2020).

## 1.4 Penentuan Lokasi



**Figure 7. Lokasi pabrik**

Pemilihan lokasi pabrik merupakan keputusan strategis yang sangat memengaruhi profitabilitas dan potensi ekspansi di masa depan. Berdasarkan panduan yang dirangkum oleh Merims (1966), Mecklenburgh (1985), dan AIChE (2003), terdapat sepuluh faktor utama yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan lokasi pabrik kimia (Towler & Sinnott, 2013). Faktor-faktor tersebut meliputi: kedekatan dengan area pemasaran, ketersediaan bahan baku, fasilitas transportasi, ketersediaan tenaga kerja, ketersediaan utilitas seperti air, bahan bakar, dan listrik, ketersediaan lahan yang sesuai, dampak lingkungan termasuk pengelolaan limbah, respons dan dukungan dari komunitas lokal, kondisi iklim, serta pertimbangan politik dan strategis. Lokasi ideal adalah yang mampu meminimalkan biaya transportasi bahan baku dan produk jadi, serta memiliki akses yang baik ke infrastruktur dan pasar. Selain itu, pertimbangan sosial dan lingkungan juga penting agar operasi pabrik berjalan lancar dan berkelanjutan.

Kawasan Industri Cikarang, yang terletak di dekat Jakarta. Lokasi ini strategis karena berada dekat dengan pasar utama di Jabodetabek (1), serta memiliki akses mudah terhadap bahan baku kimia dari pelabuhan dan distributor lokal (2). Fasilitas transportasi sangat memadai, didukung oleh jalan tol, rel kereta, dan kedekatan dengan Pelabuhan Tanjung Priok dan Bandara Soekarno-Hatta (3). Tenaga kerja terampil juga tersedia dalam jumlah besar dari kawasan padat penduduk sekitar (4), dan utilitas seperti air, listrik, serta bahan bakar disuplai secara stabil oleh penyedia kawasan industri (5). Lahan industri yang sesuai dan siap pakai pun tersedia dengan infrastruktur penunjang (6). Pemerintah daerah menerapkan sistem pengelolaan lingkungan yang ketat, termasuk pengolahan limbah, untuk meminimalkan dampak lingkungan (7). Selain itu, komunitas lokal telah terbiasa dengan aktivitas industri, yang mengurangi risiko penolakan sosial (8). Iklim tropis Indonesia tidak menjadi hambatan signifikan terhadap proses produksi (9), dan pertimbangan strategis dan politik mendukung investasi industri, termasuk insentif dari pemerintah pusat dan daerah (10). Dengan mempertimbangkan keseluruhan faktor ini, kawasan Cikarang menjadi salah satu lokasi optimal untuk pendirian pabrik skala besar di wilayah Indonesia bagian barat.

Cikarang memiliki iklim tropis lembap dengan curah hujan tahunan yang bervariasi cukup signifikan. Curah hujan bulanan tertinggi terjadi pada bulan Januari, mencapai sekitar 280 mm, sedangkan curah hujan terendah terjadi pada bulan Agustus dengan rata-rata sekitar 53 mm. Suhu rata-rata harian berkisar antara 23 °C hingga 31 °C, di mana suhu maksimum cenderung tercapai pada bulan Mei hingga Juni, dan suhu minimum terjadi pada bulan September. Kecepatan angin rata-rata per hari berkisar antara 12,4 km/jam hingga 19,1 km/jam, dengan arah angin dominan bergeser sesuai musim: dari barat pada musim hujan (Desember–Maret), selatan pada musim peralihan (Maret–April dan Oktober–Desember), serta timur pada musim kemarau (April–Oktober) (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika [BMKG], 2023).