

# PERANCANGAN ALAT REAKTOR PADA PRARANCANGAN PABRIK *DISPROPORTIONATED ROSIN* DARI GONDORUKEM GRADE WG DENGAN KAPASITAS 3000 TON/TAHUN

Aulia Romadhona Jihad Al Fajri., Anne Rahma, M. Naufal., Novita Ilma, Achmad Chumaidi, Ernian Novika Dewi

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia  
[liajihadalfaj@gmail.com](mailto:liajihadalfaj@gmail.com) ; [[ernianovika@polinema.ac.id](mailto:ernianovika@polinema.ac.id)]

## ABSTRAK

Potensi pinus cukup besar dan menguntungkan ditinjau dari populasi hutan pinus di Pulau Jawa yaitu sekitar 876 Ha. Salah satu hasil pengolahan pinus adalah gondorukem yang memiliki karakteristik tidak stabil dan mudah teroksidasi. *Disproportionated rosin* (DPR) merupakan produk inovasi dari gondorukem yang lebih stabil, tahan panas dan oksidasi serta banyak diaplikasikan sebagai adiktif untuk tinta cetak, cat, ban, dan kertas. Proses pengolahan gondorukem menjadi DPR melalui reaksi netralisasi memerlukan reaktor. Tujuan perancangan alat ini adalah mendesain reaktor pada prarancangan pabrik DPR dari gondorukem grade WG dengan kapasitas 3000 ton/tahun. Hasil perancangan reaktor berupa reaktor dengan tipe *continuous stirred tank reactor* dilengkapi pengaduk jenis *three bladed propeller*. Reaktor memiliki ukuran sebesar 444,22 m<sup>3</sup> dengan tinggi 14,21 m, dan diameter sebesar 3,35 m. Impeller berukuran 13,11 m dengan diameter sebesar 1 m. Reaktor menggunakan desain tutup atas dan bawah berupa *standard dished head* dengan material penyusun yaitu *stainless steel* (SA 167 grade 3 type 304).

**Kata kunci:** *disproportionated rosin, gondorukem, reaktor CSTR*

## ABSTRACT

The potential for pine is quite large and profitable in terms of the population of pine forests on the island of Java, which is around 876 hectares. One of the products of pine processing is gondorukem, which has unstable characteristics and is easily oxidized. *Disproportionated rosin* (DPR) is an innovative product from Gondorukem that is more stable, heat-resistant, and widely used as an additive for printing inks, paints, tires, and paper. The process of processing gondorukem into DPR involves a neutralization reaction that requires a reactor. The purpose of designing this tool is to design a DPR factory reactor from gondorukem grade WG with a capacity of 3000 tons per year. The results of the reactor design are a reactor with a continuous stirred tank reactor type equipped with a three-bladed propeller stirrer. The reactor has a size of 444.22 m<sup>3</sup>, a height of 14.21 m, and a diameter of 3.35 m. Impeller measuring 13.11 m with a diameter of 1 m. The reactor uses a top and bottom lid design in the form of a standard dished head with stainless steel (SA 167 grade 3 type 304)..

**Keywords:** *CSTR reactor, disproportionated rosin, gondorukem*

## 1. PENDAHULUAN

Potensi pinus di Indonesia begitu besar dan menguntungkan ditinjau dari populasi hutan pinus yang tersebar di wilayah Jawa Barat, Jawa Timur dan Bali dengan luas wilayah di Pulau Jawa sekitar 876 Ha. Pinus dapat diolah menjadi produk Gondorukem dan terpentin.



Gondorukem merupakan bahan baku aplikasi cat, coating, tinta cetak, tinta cetak tekstil, karet, perekat, dll [1]. Gondorukem memiliki karakteristik mudah mengkristal, teroksidasi, dan bereaksi dengan garam logam berat sehingga tidak stabil saat dijadikan bahan baku produk jadi [2]. Ketidakstabilan gondorukem yang mudah mengkristal menyulitkan proses homogenisasi dalam larutan alkali maupun air, serta menimbulkan masalah berupa penghambatan saluran pipa maupun peralatan lain [3]. Gondorukem perlu diolah menjadi *disproportionated rosin* (DPR) yang memiliki sifat lebih stabil. DPR memiliki banyak aplikasi dalam industri yaitu sebagai aditif untuk tinta cetak, cat, ban, dan kertas [4].

Sejauh ini masih belum ada pabrik yang memproduksi DPR di Indonesia. Prarancangan pabrik DPR dari gondorukem grade WG dengan kapasitas 3000 ton/tahun dibuat untuk memenuhi kebutuhan DPR dalam negeri. Prarancangan pabrik DPR membutuhkan alat reaktor yang berfungsi untuk proses ekstraksi asam abietik yang terkandung dalam gondorukem oleh sodium hidroksida menghasilkan DPR. Reaktor dalam prarancangan pabrik perlu didesain dengan mempertimbangkan kondisi operasi yang digunakan. Kondisi operasi optimal selama reaksi terjadi pada suhu 25°C, tekanan operasi 1 atm, dan reaksi berlangsung secara eksotermis. Jenis reaktor yang cocok untuk proses ini adalah *continuous stirred tank reactor* (CSTR).

Pemilihan jenis reaktor CSTR dikarenakan reaksi berlangsung secara kontinyu dan membutuhkan pengadukan hingga homogen. CSTR merupakan reaktor berpengaduk yang selama beroperasi terjadi penambahan reaktan diiringi pengeluaran produk. Reaktor CSTR dilengkapi dengan pengaduk yang bertujuan menyamakan komposisi aliran didalam maupun komposisi aliran keluar reaktor [5]. Dasar-dasar perancangan reaktor melalui beberapa langkah yaitu penentuan aliran proses (batch atau kontinyu), fase bahan dan produk reaksi (gas, cair, padat, atau campuran), kondisi operasi (konsentrasi, suhu, dan tekanan), dan macam reaksi (homogen atau heterogen, katalitik atau non katalitik) [6].

Alat reaktor merupakan alat utama yang dibutuhkan dalam proses ekstraksi yang merupakan bagian dari proses produksi DPR sehingga diperlukan perancangan alat reaktor untuk menunjang perancangan pabrik DPR berkapasitas 3000 ton/tahun. Parameter yang diperlukan dalam perancangan reaktor berupa pengumpulan data terkait proses produksi DPR, pengumpulan material dan desain awal reaktor, perhitungan dimensi reaktor dan pengaduk.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penentuan desain dan dimensi reaktor melalui beberapa tahap yaitu studi literatur reaktor perancangan pabrik DPR, pengumpulan data untuk perhitungan kapasitas dan kondisi operasi reaktor, penentuan material dan desain awal reaktor, perhitungan dimensi reaktor dan pengaduk.

### 2.1. Pengumpulan Data

Perhitungan kapasitas dan kondisi operasi reaktor menggunakan data berikut: flowrate reaktan dan produk, jenis komponen reaktan dan produk, suhu dan tekanan reaksi, viskositas dan densitas komponen serta waktu reaksi.

### 2.2. Penentuan Material dan Desain Awal Reaktor

Material dan desain reaktor merupakan pondasi awal untuk merancang reaktor. Material yang digunakan pada reaktor yaitu *stainless steel* [8] dengan tipe (SA 167 grade 3

type 304) [9] dengan mempertimbangkan faktor korosi bahan (C) sebesar 1/16 karena kedua bahan tidak mudah menimbulkan korosi [7]. Desain reaktor secara keseluruhan terbagi atas reaktor dan pengaduk. Reaktor CSTR menggunakan desain tutup atas dan tutup bawah dengan *standard dished head* mengacu pada **Tabel 5.7 Dimensions of ASME Code Flanged and Dished heads** pada buku *Process Equipment Design* oleh Brownell & Young (1959) [7] dengan memperhatikan *allowable stress* dan efisiensi pengelasan. *Allowable stress* (f) digunakan 18750 psig disesuaikan dengan suhu dan jenis material bahan reaktor di Appendix D Item 4 Maximum Allowable Stress Value in Tension [7]. Efisiensi pengelasan (E) digunakan *double welded butt joint* dengan efisiensi 80% [10]. Pengaduk yang digunakan jenis *three bladed propeller* [9]. Proporsi komponen pengaduk (lebar *impeller*, jarak *impeller* dari dasar vessel dll) mengacu pada **Tabel 3.4-1 Geometric Proportions for a "Standard" Agitation System** pada buku *Transport Processes and Separation Process Principles* oleh Geankoplis dkk (2018) [10].

### 2.3 Perhitungan Dimensi Reaktor

Menghitung volume *liquid* ( $V_L$ ) reaktor. Volume *liquid* dihitung untuk menentukan volume total reaktor.

$$V_L = Q \times \theta \quad (1)$$

Keterangan :

$Q$  = laju alir umpan (kg/h)

$\theta$  = waktu reaksi (h)

Menghitung volume total ( $V_T$ ) reaktor. Pada reaktor CSTR menggunakan volume cairan setara dengan 75% volume total reaktor.

$$V_T = \frac{V_L}{0,75} \quad (2)$$

Menghitung diameter (d) dan tinggi *liquid* ( $L_{LS}$ ) reaktor :

$$V_L = 0,00847 d^3 + \frac{\pi \times d^2 \times (1,5 \times d)}{4} \quad (3)$$

Asumsi :  $L_{LS} = 1,5d$

Menghitung *internal preassure design* ( $P_i$  desain) reaktor :

$$P_{total} = \rho \times \frac{g}{gc} \times L_{LS} + 14,7 \quad (4)$$

Asumsi :  $P_i$  design = 5-10% lebih dari P total :

$$P_i \text{ desain} = 105\% \times P_{total} - P_{operasi} \quad (5)$$

Keterangan:

$\rho$  = densitas umpan (kg/m<sup>3</sup>)

Menghitung tebal silinder ( $t_s$ ) reaktor :

$$t_s = \frac{P_i \times d_i}{2 \times ((f \times E) - (0,6 \times P_i))} + C \quad (6)$$

Keterangan:

$P_i$  = *internal preasure design* ( $P_i$  desain) reaktor (psig)

$D_i$  = *inside diameter* ( $d_i$ ) reaktor (m)

C = faktor korosi (berdasarkan asumsi sesuai Brownell&Young [7])

f = efisiensi pengelasan (berdasarkan asumsi sesuai Brownell&Young [7])

Hasil  $t_s$  distandarisasi dengan cara:

$$t_s \text{ standar} = t_s \times \frac{16}{16} \quad (7)$$

Hasil  $t_s$  standar digunakan untuk mencari  $t_s$  minimal sesuai pada **Tabel 5.7 Dimensions of ASME Code Flanged and Dished heads** pada buku *Process Equipment Design* oleh Brownell &Young (1959) [7].

Menghitung *inside diameter* ( $d_i$  baru) reaktor

$$d_i = d_o - 2t_s \quad (8)$$

Keterangan:

$d_o$  = *outside diameter* ( $d_o$ ) reaktor

Menghitung tinggi silinder ( $L_s$ ) reaktor

Tinggi silinder dihitung dari substitusi melalui rumus :

$$V_L = 0,00847 d^3 + \frac{\pi \times d^2 \times (1,5 \times d)}{4} + 0,00847 d^3 \quad (9)$$

Menghitung tinggi tutup atas ( $h_a$ ), tinggi tutup bawah ( $h_b$ ), tinggi (H) reaktor

$$h_a = 0,169 \times d^3 \quad (10)$$

$$h_b = 0,169 \times d^3 \quad (11)$$

$$H = h_a + h_b + L_s \quad (12)$$

Menghitung tutup atas ( $th_a$ ) dan tutup bawah ( $th_b$ )

$$th_a/th_b = \frac{0,885 \times P_i \times r}{2 \times ((f \times E) - (0,1 \times P_i))} \quad (13)$$

Hasil  $th_a$  dan  $th_b$  distandarisasi mengacu pada **Tabel 5.7 Dimensions of ASME Code Flanged and Dished heads** pada buku *Process Equipment Design* oleh Brownell &Young (1959) [7].

#### 2.4 Perhitungan desain pengaduk

Penentuan desain pengaduk bertujuan menghitung dimensi pengaduk (*impeller*). Pencampuran komponen dalam reaktor dipengaruhi oleh *baffle* dan *impeller*. *Impeller* berfungsi menghomogenkan komponen dalam reaktor sehingga konsentrasi komponen dalam reaktor sama dengan konsentrasi komponen keluar dari reaktor [11]. Perhitungan desain pengaduk mengacu **Tabel 3.4-1 Geometric Proportions for a "Standard" Agitation System** pada buku *Transport Processes and Separation Process Principles* oleh Geankoplis dkk (2018) [10]. Komponen pada desain tersebut yaitu diameter *impeller* ( $D_a$ ), diameter *vessel* ( $D_i$ ), lebar *impeller* (W), jarak *impeller* dari dasar *vessel* (C).

$$\frac{D_a}{D_t} = 0,3 \quad (14)$$

$$\frac{C}{D_t} = 0,33 \quad (15)$$

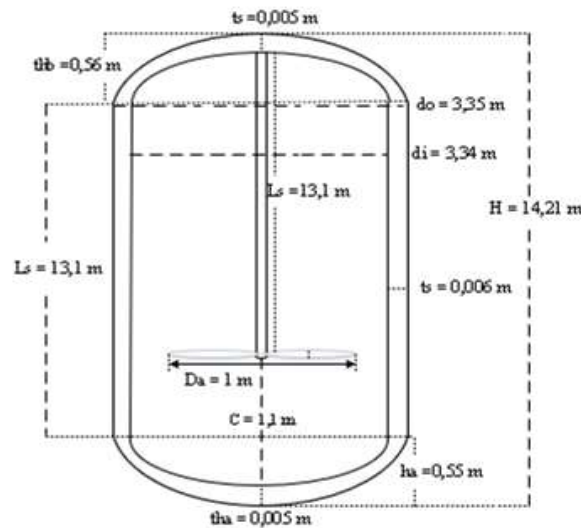
$$\frac{W}{D_a} = 0,2 \quad (16)$$

Menghitung jumlah pengaduk (n)

$$n = \frac{H}{2 \times d_t^2} \quad (17)$$

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut esain reaktor untuk prarancangan pabrik DPR kapasitas 3000 ton/tahun :



**Gambar 1.** Sketsa reaktor DPR dengan tipe *continuous stirred tank reactor* dilengkapi pengaduk

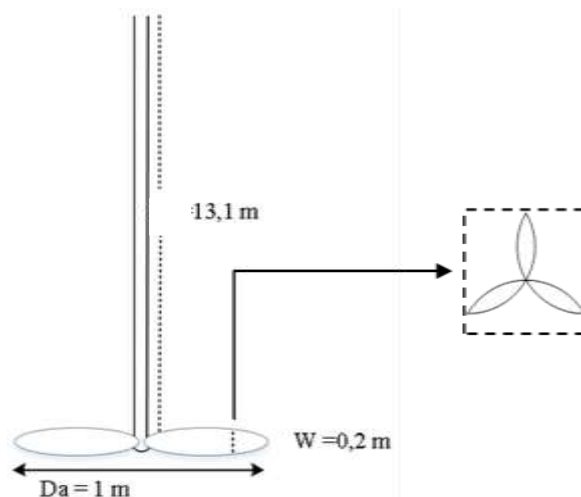
Sketsa hasil perancangan alat reaktor DPR kapasitas 3000 ton/tahun ditampilkan dalam Gambar 1. Hasil perancangan berupa reaktor dengan tipe *continuous stirred tank reactor* (CSTR) dilengkapi *three bladed propeller*. Melalui hasil perhitungan didapat dimensi reaktor berupa volume reaktor 444,22 m<sup>3</sup>, tinggi reaktor 14,21 m dan diameter reaktor 3,35 m. Proses produksi DPR menggunakan bahan gondorukem yang dicampur dengan NaOH sehingga perlu proses pengadukan. Kondisi operasi pada reaktor terjadi pada tekanan 1 atm, suhu 25°C dan proses berlangsung kontinyu. Adanya pengadukan dan kontinuitas pada proses maka dipilih tipe reaktor CSTR. Reaktor CSTR memiliki keunggulan cocok digunakan pada kapasitas dan volume besar, pencampuran pada reaksi merata, suhu dan komposisi reaksi sama, menghasilkan produk stabil, mudah dikontrol, biaya konstruksi dan perawatan murah [5]. Reaktor CSTR menggunakan desain tutup atas dan bawah berupa *standard dished head*. *Standard dished head* dipilih karena ekonomis serta cocok digunakan pada kondisi operasi reaktor yang terjadi di tekanan rendah dengan diameter kecil [12]. Bahan gondorukem dan NaOH (0,01N) bukan termasuk kategori bahan mudah mengalami korosi sehingga memiliki nilai C (tingkat korosifitas bahan) rendah sebesar 1/16. Penentuan korosifitas bahan

mempengaruhi pemilihan material reaktor. Material yang cocok digunakan pada reaktor yaitu *stainless steel* (SA 167 grade 3 type 304) karena umum digunakan untuk industri dengan ketahanan terhadap larutan asam dan basa cukup baik, tahan korosi, ringan, dan ekonomis [13].

**Tabel 1.** Dimensi reaktor DPR bertipe CSTR

| Dimensi                                      | Ukuran                |
|----------------------------------------------|-----------------------|
| Volume total reaktor ( $V_T$ )               | 444,22 m <sup>3</sup> |
| Tinggi reaktor (H)                           | 14,21 m               |
| Tinggi tutup atas ( $th_a$ )                 | 0,56 m                |
| Tinggi tutup bawah ( $th_b$ )                | 0,55 m                |
| Tinggi silinder ( $L_s$ )                    | 13,1 m                |
| Diameter luar reaktor ( $d_o$ )              | 3,35 m                |
| Diameter dalam reaktor ( $d_i$ )             | 3,34 m                |
| Diameter <i>impeller</i> ( $D_a$ )           | 1 m                   |
| Tinggi <i>impeller</i>                       | 13,11 m               |
| Tebal <i>impeller</i> (W)                    | 0,2 m                 |
| Tebal silinder ( $t_s$ )                     | 0,006 m               |
| Tebal tutup atas/tutup bawah ( $th_a/th_b$ ) | 0,005 m               |

Dimensi pada reaktor secara detail dimuat pada Tabel 1. Tabel 1 berisi ukuran reaktor yang dilengkapi pengaduk. Ukuran reaktor memuat dimensi volume reaktor, diameter luar dan dalam reaktor, tinggi tutup atas, tutup bawah, tinggi silinder, dan tinggi reaktor. Ukuran pengaduk memuat dimensi tinggi dan tebal pengaduk.

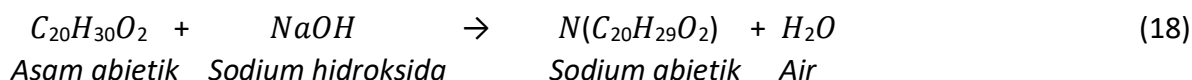


**Gambar 2.** Sketsa pengaduk reaktor DPR tipe *three bladed propeller*

Reaktor dilengkapi pengaduk tipe *three bladed propeller* seperti yang tergambar dalam Gambar 2. Berdasarkan hasil perhitungan dibutuhkan 1 pengaduk untuk reaktor CSTR. Tipe *three bladed propeller* dipilih karena cocok untuk komponen dengan viskositas rendah, memiliki kecepatan tinggi sehingga menghasilkan turbulensi maksimal dalam proses homogenisasi gondorukem dan NaOH [9].

Reaktor CSTR pada pabrik DPR berguna untuk proses netralisasi yang bertujuan mengurangi kandungan asam abietik pada gondorukem. Asam abietik merupakan kandungan senyawa asam paling banyak pada gondorukem namun memiliki karakteristik mudah terisomer oleh panas dan teroksidasi oleh oksigen dari udara sehingga kandungannya perlu dihilangkan [14]. Selain asam abietik pada gondorukem terdapat kandungan dehydroabietic, dihydroabietik, serta asam lain (asam isopimaric, palustric, neoabietic dll) yang memiliki karakteristik lebih stabil [3]. Kandungan asam abietik pada gondorukem semula sebesar 23,4% berkurang menjadi 0,1% setelah diikat oleh sodium hidroksida sehingga menjadi sodium abietic melalui reaksi netralisasi.

Reaksi netralisasi berlangsung sebagai berikut:



Gondorukem dengan kandungan asam abietik sebesar 0,1-10% difungsikan sebagai DPR. DPR merupakan produk inovasi dengan kandungan paling besar *dehydroabietic*, *dihydroabietic* serta sedikit asam abietik sehingga bersifat tahan terhadap oksidasi namun stabil saat terkena panas dan mudah melebur [15].

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil rancangan dipilih reaktor jenis CSTR dengan kapasitas 3000 ton/tahun. Reaktor CSTR memiliki desain tutup atas dan bawah *standard dished head*. Reaktor memiliki volume total sebesar 444, 22 m<sup>3</sup> dengan tinggi sebesar 14,21 m dan diameter sebesar 3,35. Spesifikasi impeller pada reaktor memiliki tinggi yaitu 13,11 m dan diameter sebesar 1 meter. Jenis impeller yaitu *three bladed propeller*. Pengaduk yang digunakan reaktor berjumlah 1 buah pengaduk. Material yang digunakan reaktor yaitu *stainless steel SA 167 grade 3 type 304*.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah perlu ditinjau secara mendetail karakteristik bahan yang dicampur pada reaktor untuk mempermudah proses pemilihan material dan desain awal reaktor untuk memperlama pemakaian alat.

#### REFERENSI

- [1] D. Q. A. A. Putri dan A. Chumaidi, "Sintesa DPR (*Disproportionated Rosin*) dari Gum Rosin Grade X Secara Batch," *Distilat*, vol.7, no. 2, hal. 302–309, 2021.
- [2] F. F. Shufa, "Studi Ratio Mol Gum Rosin/Asam Fumarat Dan Konsentrasi Katalis P-Toluene Sulfonic Acid (PTSA) pada Esterifikasi Fumaric Modified Rosin Ester," Universitas Negeri Semarang, 2020.
- [3] P.Shofa dan R. B. Rahmatullah, "Pemisahan Terpentin dan Gondorukem dari Getah Pinus dengan Metode Distilasi," Intitut Teknologi Sepuluh November, 2018.
- [4] Y. E. Prastica and A. Chumaidi, "Perencanaan Bisnis Pembuatan Disproportion Rosin (Rosin-Non Kristal) dari Gondorukem," *Distilat*, vol. 7, no. 2, hal. 385–389, 2021.
- [5s] L. Octave, *Chemical Reaction Engineering Third Edition*. New York: John Wiley & Sons, 1999.
- [6] A. Purwanti and Sumarni, *Dasar-Dasar Perancangan Reaktor*. Yogyakarta: Akprind Press, 2021.

- [7] L. E. Brownell and E. H. Young, *Process Equipment Design*. Michigan: John Wiley & Sons, 1959.
- [8] G. D. Ulrich, *A Guide To Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York: John Wiley & Sons, 1984.
- [9] S. M. Walas, *Chemical Process Equipment*. USA: Reed Publishing, 1990.
- [10] C. J. Geankoplis, A. A. Hersel, and D. H. Lepek, *Transport Processes and Separation Process Principles*, Fifth Edition. Pearson Education, 2018.
- [11] I. Sudaryadi, D. Rachmawati, H. Poernomo, "Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Waktu Tinggal Reaktan terhadap Temperatur dan Volume Fluida dalam RATB Bench Scale untuk Persiapan Sintesis ZBS", *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2020.
- [12] R. H. Perry and D. W. Green, *Perry's Chemical Engineers Handbook*, Seventh Edition. New York, USA : Mc-Graw-Hill, 1997.
- [13] D. Dewi, Sriyana, "Spesifikasi, Kode dan Standar Baja Nasional dan Potensinya untuk Mendukung Program PLTN Tipe LWR di Indonesia," *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, vol. 20, no. 2, hal. 111-119, 2018.
- [14] M. A. Rahandi, "Pengaruh Suhu Dan Tekanan Terhadap Sifat Fisiko-Kimia Gondorukem Terhidrogenasi (Hydrogenated Rosin)," Intitut Pertanian Bogor, 2011.
- [15] A. Dewi, A. Dan, and A. Chumaidi, "Perancangan Reaktor Pada Proses Pembuatan Disproportionated Rosin Dari Gum Rosin Melalui Netralisasi Asam Klorida," *Distilat*, vol.8, no. 3, hal. 581–587, 2022.