Prodi S-1 Pendidikan Kimia
Universitas Negeri Surabaya

E-LKPD

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERGESERAN KESETIMBANGAN KIMIA

Faktor Suhu

Disusun oleh :
Muhammad Syahrul Abidin

PEGANGAN GURU

Nama:

Kelas:

Nomor:

Sekolah:



SMA KELAS XI

LIVEWORKSHEETS

Ringkasan Materi

Kesetimbangan kimia adalah kondisi di mana laju reaksi maju dan reaksi balik suatu reaksi kimia sama, sehingga konsentrasi reaktan dan produk tetap konstan. Faktor suhu adalah salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi pergeseran kesetimbangan kimia. Menurut prinsip Le Chatelier, jika suhu suatu sistem diubah, sistem akan berusaha untuk mengurangi efek perubahan tersebut dengan menggeser kesetimbangan ke arah yang menyeimbangkan kembali kondisi.

Ketika suhu suatu reaksi eksoterm (reaksi yang melepaskan panas) dinaikkan, kesetimbangan akan bergeser ke arah reaktan untuk menyerap kelebihan panas, mengurangi jumlah produk. Sebaliknya, jika suhu diturunkan, kesetimbangan akan bergeser ke arah produk untuk menghasilkan lebih banyak panas. Sebagai contoh, dalam reaksi pembentukan amonia dari nitrogen dan hidrogen ($N_2(g)$ + $3H_2(g)$ $2NH_3(g)$ + panas), peningkatan suhu akan menggeser kesetimbangan ke arah kiri (reaktan) untuk mengurangi jumlah amonia yang terbentuk.

Sebaliknya, dalam reaksi endoterm (reaksi yang menyerap panas), peningkatan suhu akan menggeser kesetimbangan ke arah produk untuk menyerap lebih banyak panas, sementara penurunan suhu akan menggeser kesetimbangan ke arah reaktan. Memahami bagaimana suhu mempengaruhi kesetimbangan kimia sangat penting dalam industri kimia, di mana pengendalian suhu yang tepat dapat meningkatkan efisiensi dan hasil produksi. Pengetahuan ini juga berguna dalam berbagai aplikasi sehari-hari yang melibatkan reaksi kimia.

LIVEWORKSHEETS

Apakah kalian tahu?

"Pengaruh Suhu terhadap Kesetimbangan Kimia: Studi Kasus Proses Haber-Bosch dalam Produksi Ammonia"



Gambar Pabrik Pupuk di Suatu Desa
Sumber: kolakaposnews.fajar.co.id

Proses produksi pupuk ammonia yang sangat penting bagi pertanian modern sebenarnya melibatkan prinsip-prinsip kesetimbangan kimia dan perubahan suhu! Salah satu metode paling terkenal untuk menghasilkan ammonia adalah proses Haber-Bosch, di mana nitrogen dari udara dan hidrogen dari gas alam bereaksi untuk membentuk ammonia.

Namun, tahukah kalian bahwa suhu memainkan peran penting dalam menentukan seberapa efisien ammonia bisa diproduksi? Meskipun menaikkan suhu sering kali mempercepat reaksi kimia, dalam kasus ini, justru bisa menyebabkan penurunan hasil produksi ammonia.

Seorang petani di desa kita mengalami peningkatan kebutuhan akan pupuk nitrogen untuk meningkatkan hasil panennya. Pabrik pupuk terdekat menggunakan reaksi berikut untuk memproduksi ammonia:

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + \text{panas}$

Namun, saat pabrik mencoba meningkatkan suhu untuk mempercepat produksi, mereka justru mendapatkan hasil ammonia yang lebih rendah. Bagaimana ini bisa terjadi? Bagaimana suhu mempengaruhi kesetimbangan kimia, dan apa yang bisa dilakukan untuk mengoptimalkan produksi?

Melalui fenomena ini, kalian akan belajar tentang faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran kesetimbangan kimia, khususnya suhu, dan bagaimana prinsip ini diterapkan dalam industri kimia.

LIVEWORKSHEETS

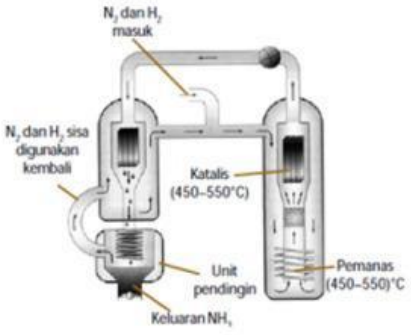
Orientasi Peserta Didik pada Masalah

BACALAH BERITA DI BAWAH INI!

Pembuatan Amonia (NH_3) menurut Proses Haber Bosch

Amonia adalah senyawa kimia dengan rumus NH_3. Biasanya senyawa ini didapati berupa gas dengan bau tajam yang khas. Walaupun amonia bersifat kaustik dan dapat merusak kesehatan, namun senyawa ini mempunyai banyak fungsi dan manfaat salah satunya adalah sebagai bahan baku dalam pembuatan pupuk kimia seperti UREA, NPK, ZA. Sehingga banyak orang berupaya untuk mencari cara yang lebih mudah dan praktis untuk bisa menghasilkan amonia dalam skala besar. Fritz Haber dan Carl Bosch menemukan cara yang efisien untuk menghasilkan nitrogen melalui ammonia. Haber menemukan sintesis katalitik amonia skala besar dari unsur hidrogen dan gas nitrogen dengan menggunakan suhu tinggi (sekitar 500°C). Reaksi proses haber merupakan reaksi yang bersifat eksotermis. Reaksi eksotermis adalah reaksi yang menghasilkan panas, dalam hal ini panas merupakan produk. Apabila suhu ditingkatkan, maka panas akan meningkat yang dapat menurunkan produk dari proses haber.

Namun, suhu yang terlalu rendah juga dapat menyebabkan laju reaksi proses haber menurun. Sehingga suhu ideal diperlukan. Suhu ideal proses haber adalah 400-450°C. Oleh karena suhu terlalu rendah dan tekanan terlalu tinggi dapat mempengaruhi reaksi, proses haber memerlukan bantuan berupa katalis. Katalis yang digunakan dalam proses haber adalah katalis besi (Fe). Katalis mempercepat laju reaksi maju dan mundur secara seimbang. Ini mengurangi waktu yang dibutuhkan sistem untuk mencapai kesetimbangan tetapi tidak mempengaruhi posisi kesetimbangan atau hasil amonia. Saat ini, amonia sintetis yang dihasilkan dari reaksi antara nitrogen dan hidrogen merupakan basis yang hampir semua produk yang mengandung nitrogen diturunkan. Produksi amonia di seluruh dunia melebihi 130 juta ton dan merupakan bahan kimia terbesar keenam yang diproduksi. Persamaan reaksi yang terjadi dalam pembuatan amonia adalah sebagai berikut:



Gambar Proses Haber Bosch
Sumber: Chemistry the Central Science, 2000.



Video Bahaya Proses Haber Bosch
Sumber:
https://youtu.be/NWhZ77Qm5y4?si=JooPwU0Zk9PfjMOx

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftarrows 2NH_3(g)\ \Delta H = -92\ kJ$$

Untuk dapat lebih mengetahui mengenai proses Haber Bosch dalam pembuatan amonia, Anda dapat melihat video di samping.

LIVEWORKSHEETS

Orientasi Peserta Didik pada Masalah

Kemukakanlah masalah yang Anda dapatkan ketika melihat wacana tersebut!

KBK: Kelancaran

Pada tahap ini, Anda diharuskan menjawab pertanyaan dengan tepat dan akan diberikan waktu yang terbatas dalam Anda menjawab. Semakin cepat dan tepat jawaban yang Anda berikan, itu lebih baik. Anda dapat menekan kolom di bawah untuk beralih ke kolom jawaban pada Google Formulir.

Berdasarkan wacana tersebut, masalah yang dapat saya kemukakan adalah:

- Bagaimana prinsip kesetimbangan kimia menjelaskan pergeseran kesetimbangan ketika suhu dalam proses Haber-Bosch ditingkatkan atau diturunkan?
- Bagaimana suhu ideal antara 400-450°C dalam proses Haber-Bosch dapat mempengaruhi efisiensi produksi amonia?
- Bagaimana suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat mempengaruhi hasil produksi amonia dalam reaksi eksotermis proses Haber-Bosch?

Mengorganisasikan Peserta Didik untuk Belajar



Gambar 1. Ilustrasi fenomena petir
Sumber: https://bit.ly/3QMjoRj

Berdasarkan permasalahan tersebut, pernahkah Anda berpikir bagaimana implementasi faktor suhu dalam pergeseran kesetimbangan kimia? untuk menjawab pertanyaan tersebut Nila, Fida, dan Renata ingin membuktikan kebenaran peristiwa petir yang termasuk aplikasi kesetimbangan kimia yang dipengaruhi oleh suhu. Mereka berniat $CuSO_4$ melakukan percobaan di laboratorium sekolahnya. Nila mulai mengukur 2 mL CuSO4 yang kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Larutan te$CuSO_4$ kemudian ditambahkan 1 gram NaCl. Setelah mendapatkan campuran CuSO4 dan NaCl, Nila memanaskan larutan tersebut menggunakan pembakar spirtus dan mengamati hasil percobannya. Larutan tersebut mengalami perbedaan warna dari sebelum dipanaskan ke setelah dipanaskan. Kemudian, Fida memberi perlakukan larutan tersebut dengan memasukkan ke wadah yang berisi es batu dan mengamati hasilnya. Pada pengamatan ini, Fida mendapatkan perbedaan warna lagi ketika sebelum didinginkan dan sesudah didinginkan.

LIVEWORKSHEETS

Mengorganisasikan Peserta Didik untuk Belajar

Untuk memahami reaksi-reaksi tersebut, Renata mencoba menganalisis data yang diperoleh berdasarkan pengetahuan yang ia miliki. Mari bantu Renata untuk memperkuat konsep mengenai pengaruh suhu terhadap pergeseran kesetimbangan kimia!

Bagaimana Pengaruh 1 gram NaCl pada Larutan $CuSO_4$ dalam Reaksi Tersebut?

KBK: Keluwesan

Menurut saya, penambahan 1 gram NaCl pada larutan $CuSO_4$ mempengaruhi kesetimbangan kimia larutan tersebut melalui pembentukan ion kompleks. Ketika NaCl (natrium klorida) larut dalam air, ia akan terdisosiasi menjadi ion natrium (Na^+) dan ion klorida (Cl^-)

Dalam larutan $CuSO_4$, ion tembaga (Cu^{2+}) dapat bereaksi dengan ion klorida untuk membentuk ion kompleks seperti $[CuCl_4]^{2-}$. Reaksi ini dapat digambarkan sebagai berikut:

$$Cu^{2+}(aq) + 4Cl^-(aq) \rightleftarrows [CuCl_4]^{2-}(aq)$$

Penambahan NaCl meningkatkan konsentrasi ion klorida (Cl^-) dalam larutan. Menurut prinsip Le Chatelier, peningkatan konsentrasi ion klorida akan menggeser kesetimbangan ke arah kanan, yaitu ke arah pembentukan ion kompleks $[CuCl_4]^{2-}$. Hal ini menyebabkan perubahan warna larutan karena ion tembaga yang bebas (Cu^{2+}) memiliki warna yang berbeda dibandingkan dengan ion kompleks $[CuCl_4]^{2-}$.

Jadi, pengaruh penambahan 1 gram NaCl pada larutan $CuSO_4$ dalam reaksi tersebut adalah menggeser kesetimbangan ke arah pembentukan ion kompleks $[CuCl_4]^{2-}$, yang menyebabkan perubahan warna larutan. Perubahan warna ini merupakan indikasi visual dari pergeseran kesetimbangan akibat peningkatan konsentrasi ion klorida dalam larutan.

LIVEWORKSHEETS

Membantu Investigasi Mandiri dan Kelompok

Sebelum memulai percobaan, cobalah untuk membaca literatur terlebih dahulu mengenai perubahan warna yang terjadi pada larutan untuk memprediksi hasil percobaan. Kalian dapat menggunakan Literatur di bawah atau menggunakan literatur pada laman website/bahan bacaan yang lain!

LITERATUR

Bagaimana faktor suhu mempengaruhi pergeseran kesetimbangan kimia pada percobaan yang dilakukan oleh Nila dan Fida?

KBK: Keluwesan

Menurut saya, faktor suhu mempengaruhi pergeseran kesetimbangan kimia dengan cara menggeser posisi kesetimbangan ke arah reaktan atau produk tergantung pada apakah reaksi tersebut eksoterm atau endoterm. Pada percobaan yang dilakukan oleh Nila dan Fida, ketika larutan dipanaskan, kesetimbangan bergeser ke arah yang berbeda dibandingkan ketika larutan didinginkan. Perubahan warna yang diamati menunjukkan bahwa peningkatan suhu menggeser kesetimbangan ke arah tertentu, sedangkan pendinginan menggeser kesetimbangan ke arah yang berlawanan, menunjukkan bahwa reaksi tersebut sensitif terhadap perubahan suhu.

Mengapa campuran $CuSO_4$ dan NaCl menunjukkan perubahan warna saat dipanaskan dan didinginkan? Jelaskan proses yang terjadi dalam konteks kesetimbangan kimia.

KBK: Keluwesan

Menurut saya, campuran $CuSO_4$ dan NaCl menunjukkan perubahan warna saat dipanaskan dan didinginkan karena adanya perubahan dalam konsentrasi ion-ion yang terlibat dalam reaksi kesetimbangan. Pemanasan mungkin menyebabkan kesetimbangan bergeser ke arah pembentukan produk yang memiliki warna berbeda, sedangkan pendinginan menyebabkan kesetimbangan bergeser ke arah pembentukan reaktan yang juga memiliki warna berbeda. Perubahan suhu mengubah kondisi energi sistem, sehingga kesetimbangan kimiawi bereaksi untuk mencapai kondisi stabil baru, yang ditunjukkan oleh perubahan warna.

LIVEWORKSHEETS

Membantu Investigasi Mandiri dan Kelompok

Tujuan

Buatlah tujuan praktikum yang akan kalian lakukan!

Untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap perubahan warna yang terjadi yang mempengaruhi pergeseran kesetimbangan

KBK: Kelancaran dan Orisinalitas

Alat & Bahan

Berdasarkan alat dan bahan yang disediakan oleh guru, tentukan alat dan bahan yang digunakan untuk praktikum yang akan kalian lakukan!

Alat
- Gelas ukur (1 buah)
- Gelas kimia (2 buah)
- Pipet tetes (2 buah)
- Tabung reaksi (1 buah)

Bahan
- NaCl
- $CuSO_4$
- Es batu
- Air panas

KBK: Keluwesan dan Orisinalitas

Prosedur Kerja

Berdasarkan alat dan bahan yang sudah disediakan oleh guru, rancanglah prosedur percobaan praktikum yang kalian ketahui!

1. Siapkan alat dan bahan.
2. Larutkan 1 gram NaCl ke dalam 5 mL larutan $CuSO_4$ 0,1 M.
3. Masukkan kedalam air yang sudah dipanaskan sebelumnya kemudian amati perubahan warnanya dan catat hasil pengamatan.
4. Siapkan wadah yang berisi air dingin atau pecahan es batu, kemudian rendam tabung reaksi berisi larutan yang sudah berubah warnanya.
5. Amati kembali perubahan yang terjadi dan catat hasil pengamatan.

LIVEWORKSHEETS

Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya

KBK: Keluwesan

Tabel Pengamatan

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, lengkapi tabel pengamatan berikut!

No.	Reaktan dan Perlakuan	Hasil Pengamatan
1	$NaCl + CuSO_4$	Warna larutan biru
2	Larutan dipanaskan	Warna larutan hijau
3	Larutan didinginkan	Warna larutan biru

Analisis Data

KBK: Keluwesan

Bagaimana perubahan warna larutan dari sebelum dan sesudah dipanaskan?

Menurut saya, perubahan warna yang terjadi sebelum dipanaskan berwarna biru sedangkan setelah dipanaskan berwarna hijau.

KBK: Keluwesan

Bagaimana perubahan warna larutan dari sebelum dan sesudah didinginkan?

Menurut saya, perubahan warna yang terjadi sebelum didinginkan berwarna hijau, sedangkan setelah didinginkan larutan kembali berwarna biru

LIVEWORKSHEETS

Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya

KBK: Elaborasi

Tuliskan persamaan reaksi yang terjadi pada percobaan dan bagaimana pergeseran arah kesetimbangan kimia pada percobaan tersebut!

$NaCl\ (aq) + CuSO_4\ (aq) \rightarrow NaSO_4\ (aq) + CuCl_2\ (aq)$

Apabila suhu dinaikkan larutan berwarna hijau, karena kesetimbangan bergeser ke arah endoterm dengan cara menyerap kalor. Apabila suhu diturunkan, larutan berubah menjadi berwarna biru dan kesetimbangan bergeser ke arah eksoterm dengan melepaskan kalor.

KBK: Orisinalitas

Kesimpulan

Berdasarkan praktikum yang tekah dilakukan, buatkan kesimpulan pada kolom di bawah ini!

Berdasarkan praktikum yang telah dilakukan, maka hipotesis yang diajukan dapat diterima, dan didapatkan beberapa kesimpulan berikut.

- Peningkatan temperatur atau suhu akan menyebabkan sistem bergeser ke arah reaksi endoterm. Penurunan temperatur atau suhu akan mengakibatkan sistem bergeser ke arah reaksi eksoterm.

LIVEWORKSHEETS

Menganalisis dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah

KBK: Keluwesan

KBK: Keluwesan

Bagaimana kita dapat mengubah kondisi reaksi dalam proses Haber-Bosch untuk meningkatkan efisiensi produksi amonia tanpa mengubah suhu atau tekanan?

Untuk meningkatkan efisiensi produksi amonia tanpa mengubah suhu atau tekanan, kita bisa mencoba beberapa pendekatan alternatif seperti:

- Menggunakan katalis yang lebih efisien daripada besi (Fe), seperti katalis berbasis ruthenium, yang dapat mempercepat laju reaksi lebih efektif.
- Menambahkan promotor pada katalis besi untuk meningkatkan aktivitas katalis dan stabilitasnya selama reaksi.
- Menghilangkan amonia yang terbentuk secara kontinyu dari campuran reaksi untuk menggeser kesetimbangan ke arah pembentukan lebih banyak amonia.
- Memanfaatkan membran yang selektif untuk mengalirkan hidrogen dan nitrogen secara lebih efisien ke dalam zona reaksi, meningkatkan ketersediaan reaktan.

KBK: Orisinalitas dan Elaborasi

Lakukanlah evaluasi terhadap proses pemecahan masalah yang telah dilakukan. Buatlah solusi maupun saran apa yang harus dilakukan agar efisiensi produksi amonia dalam proses Haber-Bosch dapat ditingkatkan dengan memanfaatkan teknologi terbaru.

Untuk meningkatkan efisiensi produksi amonia dalam proses Haber-Bosch dengan memanfaatkan teknologi terbaru, beberapa solusi orisinal yang dapat dipertimbangkan adalah:

- Mengembangkan katalis berbasis nano-material yang memiliki luas permukaan yang lebih besar untuk meningkatkan reaktivitas dan efisiensi katalis. Nano-katalis dapat mempercepat reaksi dengan lebih baik dibandingkan katalis konvensional.
- Menggunakan reaktor berlapis membran yang memungkinkan pemisahan produk amonia secara kontinu dari campuran reaksi, sehingga menggeser kesetimbangan ke arah pembentukan amonia. Teknologi membran juga dapat meningkatkan efisiensi pemisahan gas dan reaktan.
- Mengimplementasikan teknologi kecerdasan buatan dan machine learning untuk memantau dan mengoptimalkan kondisi reaksi secara real-time. Algoritma AI dapat menganalisis data operasional dan memberikan rekomendasi untuk penyesuaian suhu, tekanan, dan komposisi reaktan secara dinamis untuk mencapai efisiensi maksimum.
- Mengintegrasikan sumber energi terbarukan seperti tenaga surya atau angin untuk menyediakan energi yang diperlukan dalam proses Haber-Bosch, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan menurunkan jejak karbon.

LIVEWORKSHEETS

Daftar Pustaka

Atkins, P. W., & de Paula, J. (2018). Atkins' Physical Chemistry (11th ed.). Oxford University Press.

Chang, R., & Thoman, J. W. (2020). Chemistry (13th ed.). McGraw-Hill Education.

Ardiansyah, H. (2020). Pengaruh Suhu Terhadap Kesetimbangan Reaksi Kimia. Jurnal Pendidikan Kimia, 12(1), 45-52.

Setiawan, B., & Purnomo, A. (2021). Studi Eksperimen Pengaruh Suhu terhadap Kesetimbangan Kimia. Jurnal Ilmu Kimia Indonesia, 14(2), 67-74.

Smith, B. C., & Johnson, D. R. (2020). Temperature Effects on Chemical Equilibria. Journal of Chemical Education, 97(4), 1201-1208.

Thompson, M. A., & Peters, D. G. (2019). Understanding Le Chatelier's Principle in the Context of Temperature Changes. Chemistry Education Research and Practice, 20(3), 423-432.

LIVEWORKSHEETS