

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Tinjauan Pustaka

Landasan teori ini berisi tentang sumber teori yang kemudian akan menjadi dasar dari pada penelitian. Sumber teori tersebut nantinya akan menjadi kerangka atau dasar dalam memahami latar belakang dari suatu permasalahan secara sistematis. Pada landasan teori ini penulis akan menjelaskan tentang pengertian dari sistem *nitrogen generator* sebagai sistem penghasil *nitrogen* murni di atas kapal

##### 1. Pengertian *Nitrogen Generator*

*Nitrogen generator* adalah suatu permesinan bantu yang digunakan untuk memisahkan gas *nitrogen* dari udara, *nitrogen* adalah salah satu gas yang terdapat di udara yang bidang di kategorikan sebagai *inert gas* yang berarti golongan gas yang tidak akan mengalami reaksi kimia dalam satu kondisi tertentu. Gas-gas yang termasuk golongan *inert gas* antara lain *nitrogen argon* dan lain-lain. Namun *nitrogen* lebih banyak digunakan karena memang banyak terdapat di udara. Seperti kita ketahui bahwa komposisi udara adalah 78% *nitrogen* (N<sub>2</sub>), 21% *oxygen* (O<sub>2</sub>) dan 1% adalah gas lainnya. Dengan adanya *nitrogen generator* maka kemungkinan terjadinya kebakaran akan berkurang. *Nitrogen* bisa mencegah terjadinya kebakaran karena untuk bisa terjadi api dibutuhkan 3 elemen yaitu:

- a. *Ignition/heat* (panas)
- b. *Fuel* (bahan bakar)
- c. *Oxygen*

Bila salah satu dari ketiga elemen tersebut tidak ada, maka pembakaran atau api tidak akan terjadi.

Salah satu penyebab ledakan pada *fuel tank*, *cargo tank* serta *cargo line* adalah karena adanya 3 elemen tersebut di dalamnya. Jelas bahwa *fuel* dan *oxygen* bila ditambah kehadiran *ignition* yang bisa berupa panas ataupun *electrical spark* (percikan listrik) bisa menyebabkan ledakan. Oleh karena itu, untuk meminimalkan terjadi ledakan, maka salah satu elemen harus dihilangkan atau dikurangi, dan yang paling mungkin dikurangi persentasenya adalah *oxygen*. Bila kehadiran *ignition source* tidak bisa dicegah, maka *fuel tank*, *cargo tank* serta *cargo line* dapat dibuat menjadi *inert* dengan mengurangi kadar *oxygen* di dalamnya sampai batas yang tidak akan menyebabkan terjadinya ledakan. Jadi tujuan utama dari *nitrogen generator* adalah mengurangi kadar *oxygen* dalam *fuel tank* *cargo tank* serta *cargo line* sampai sekitar 12% lebih rendah dari kadar *oxygen* normal dalam udara (21%) dan digantikan dengan *nitrogen*. Penelitian menunjukkan bahwa dengan kadar *oxygen* dalam udara sekitar 12%, maka pembakaran tidak akan terjadi.

#### **a. Prinsip kerja Nitrogen Generator**

*Nitrogen generator* di kapal MT.GAS WIDURI bertipe *membrane* dengan memanfaatkan kecepatan atom untuk memisahkan *nitrogen* dari *oxygen* dan gas lainnya, Seperti diketahui bahwa *nitrogen* mempunyai kecepatan aliran yang lebih lambat dibandingkan dengan *oxygen* perbedaan inilah yang digunakan untuk memisahkan kedua gas tersebut dengan menggunakan suatu alat yang bernama *membrane modules*. Alat ini menyerupai seperti sebuah *filter* yang di dalamnya terdapat lubang-lubang

(*tube*) akan tetapi *membrane* ini tidak terbuat dari unsur logam melainkan dari bahan serat. Udara yang dihisap oleh kompresor yang kemudian melalui berbagai macam proses yaitu pendinginan, pengeringan, serta pemanasan akan mengalir menuju *membrane modules* dan dikarenakan adanya aliran kecepatan yang berbeda, maka terjadi pemisahan antara *nitrogen* dengan *oxygen* selanjutnya *nitrogen* akan melewati *membrane modules* kemudian dialirkan ke *buffer tank*, sedangkan gas *oxygen* akan dikeluarkan menuju ke udara terbuka melalui katup *pneumatik*.

#### **b. Pengertian istilah tentang *nitrogen***

Untuk mempermudah dalam pemahaman maka penulis perlu memberikan pengertian mengenai istilah-istilah yang dipakai pada skripsi ini yang diambil dari referensi buku-buku yang berkaitan dengan *nitrogen*.

- a. *Drying*: proses pengeringan untuk mengeluarkan kelembaban dari tangki muat, saluran pipa, dll. dengan tujuan menurunkan titik embun serta mencegah terbentuknya es.
- b. *Purging or gassing up*: menggantikan gas lembam di dalam tangki dan saluran pipa muat dengan gas (*vapour*) dari muatan yang akan dimuat, karena *nitrogen* atau gas lembam yang digunakan untuk proses sebelumnya dapat terkondensasi akibat temperatur sangat rendah yang ada pada sistem perpipaan dan tangki muat.
- c. *Initial cool down*: menurunkan temperatur tangki muat sebelum dimuati guna mengurangi *thermal stress* dan penguapan yang berlebihan.
- d. *Boil of gas*: gas dari muatan yang terbentuk akibat adanya gaya dari luar kapal atau sengaja dibuat dengan pompa kabut untuk bahan bakar *main generator engine*.

- e. *Boiler gas header*: ruangan yang digunakan untuk menampung *boil of gas* sementara sebelum digunakan untuk bahan bakar *main generator engine*.
- f. *Ventrizers*: tempat diletakkannya katup keamanan yang dipakai untuk membuang gas dari muatan apabila tekanan tangki terlalu tinggi, biasa dipakai pada saat pengosongan tangki muatan.
- g. *Nitrogen generator*: suatu pesawat yang berfungsi menghasilkan gas nitrogen murni melalui proses pemisahan antara nitrogen dengan oksigen dan gas lainnya yang terkandung didalam udara bebas.
- h. *Annular space*: ekat atau ruang yang digunakan untuk melindungi serta mengamankan muatan apabila terjadi kebocoran sehingga muatan tidak menuju ke *hold space*.
- i. *Hold space*: ruangan yang berisikan gas lembam yaitu sebagai pelindung dari udara luar masuk ke tangki serta menghindari kontak antara tangki muatan dengan kondisi di luar tangki.
- j. *Shaft gland sealing*: tempat diletakkannya motor-motor dari *cargo compressor*
- k. *Cargo compressor room*: ruangan yang digunakan sebagai tempat untuk pesawat yang berhubungan dengan muatan.

## 2. **Pengertian *NITROGEN GENERATOR* menurut manual book *HAMWORTHY***

Pesawat ini dirancang untuk menghasilkan *nitrogen* dengan kemurnian tinggi dari udara umpan yang dikompresi. Perancang ini berkenan untuk meminimalkan ruang dan berat dan dioptimalkan berkaitan dengan ketersediaan.

Sistem secara selektif menghilangkan *oksigen* dan karbon dioksida dari suplai udara terkompresi, membocorkan aliran kaya *nitrogen* sebagai produk *primer*.

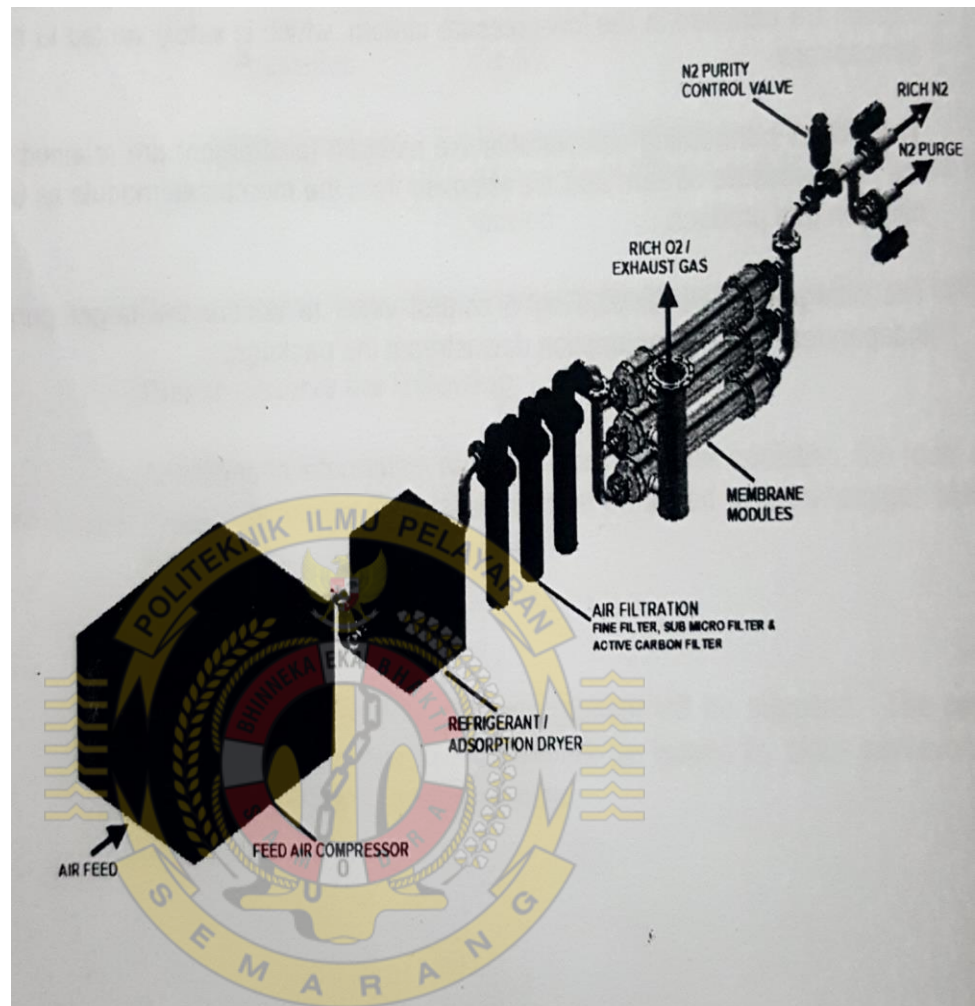
Masing-masing *membrane modules separator* mempertahankan ribuan serat ini berkumpul di *bundle* bersama-sama, pada tekanan dan suhu optimal yang dibius ke satu sisi *membrane*, disabut dan berdifusi melintasi bahan serat dan meresap pada sisi tekanan rendah dari *membrane*. Sebagai udara terdiri dari konstituen yang berbeda, masing-masing bagian di ruang dalam *matriks* ke tingkat yang berbeda dan menetes pada tingkat yang berbeda, karbon dioksida dan uap air diperkaya dalam aliran tekanan rendah, yang dengan aman dilepaskan ke *atmosfer* luar, komponen penyerap yang lebih lambat seperti *nitrogen* dan argon dipertahankan dalam aliran tekanan tinggi dan di keluarkan dari *membrane modul* sebagai produk gas *nitrogen* aliran *nitrogen* di batasi oleh katup kontrol untuk mengamankan kemurnian dari konsumsi *nitrogen* tersebut.

*Nitrogen generator* mempunyai data *manual book* seperti dibawah ini:

|                                 |                        |
|---------------------------------|------------------------|
| <i>Capacity of nitrogen</i>     | : 50 Nm <sup>3</sup>   |
| <i>Feed air capacity</i>        | : 58 m <sup>3</sup> /h |
| <i>Range of oxygen analyzer</i> | : 0,25%                |
| <i>Max. Working pressure</i>    | : 15 bar               |
| <i>Dew point</i>                | : -70°C                |

Tabel 2.1. data manual book

Proses diagram aliran *nitrogen generator system*



**Gambar 2.1.** Sistem *nitrogen generator*

### 3. **Komponen *nitrogen generator***

Definisi dari komponen yang terdapat pada instalasi pesawat nitrogen generator sesuai dengan *instruction manual book* adalah:

#### a. *Air compressor*

Merupakan suatu pesawat yang berfungsi untuk menghasilkan udara yang bertekanan. Kompresor udara yang digunakan pada prinsipnya sama dengan jenis kompresor pada umumnya.

*b. Oil separator*

Pada alat ini terjadi pemisahan antara udara bertekanan dari kompresor dengan minyak lumas yang digunakan sebagai pelumasan kompresor. Prinsipnya udara bertekanan harus kering, serta bebas dari minyak karena apabila mengandung minyak, maka akan merusak komponen yang lain.

*c. Cooler*

Proses pendinginan udara yang terdiri atas dua tahap pendinginan menggunakan air pendingin (*fresh water cooling*). Proses tersebut bertujuan untuk menurunkan kandungan air (*dewpoint*) pada udara bertekanan.

*d. Filter*

Merupakan saringan udara untuk menyaring kotoran dan uap air yang akan masuk ke dalam sistem. Saringan udara ini terdiri dari dua macam yaitu *fine filter*, *active carbon filter* dan *sub micro filter*.

*e. Dryer*

Digunakan sebagai pengering udara dengan tujuan menghilangkan uap air dan embun yang ada pada kandungan udara dengan cara diserapnya embun pada kandungan udara tersebut.

*f. Electric heater*

Digunakan sebagai pemanas udara yang berada di dalam sistem dengan tujuan utamanya agar antara *nitrogen* dan *oxygen* dengan mudah untuk di pisahkan.

*g. Membrane modules*

Merupakan alat dimana terjadi proses pemisahan antara gas *nitrogen* dengan *oxygen*.

*h. Oxygen analyzer*

Suatu alat ukur yang digunakan untuk mengetahui kadar dari *oxygen*.

*i. Dew point analyzer*

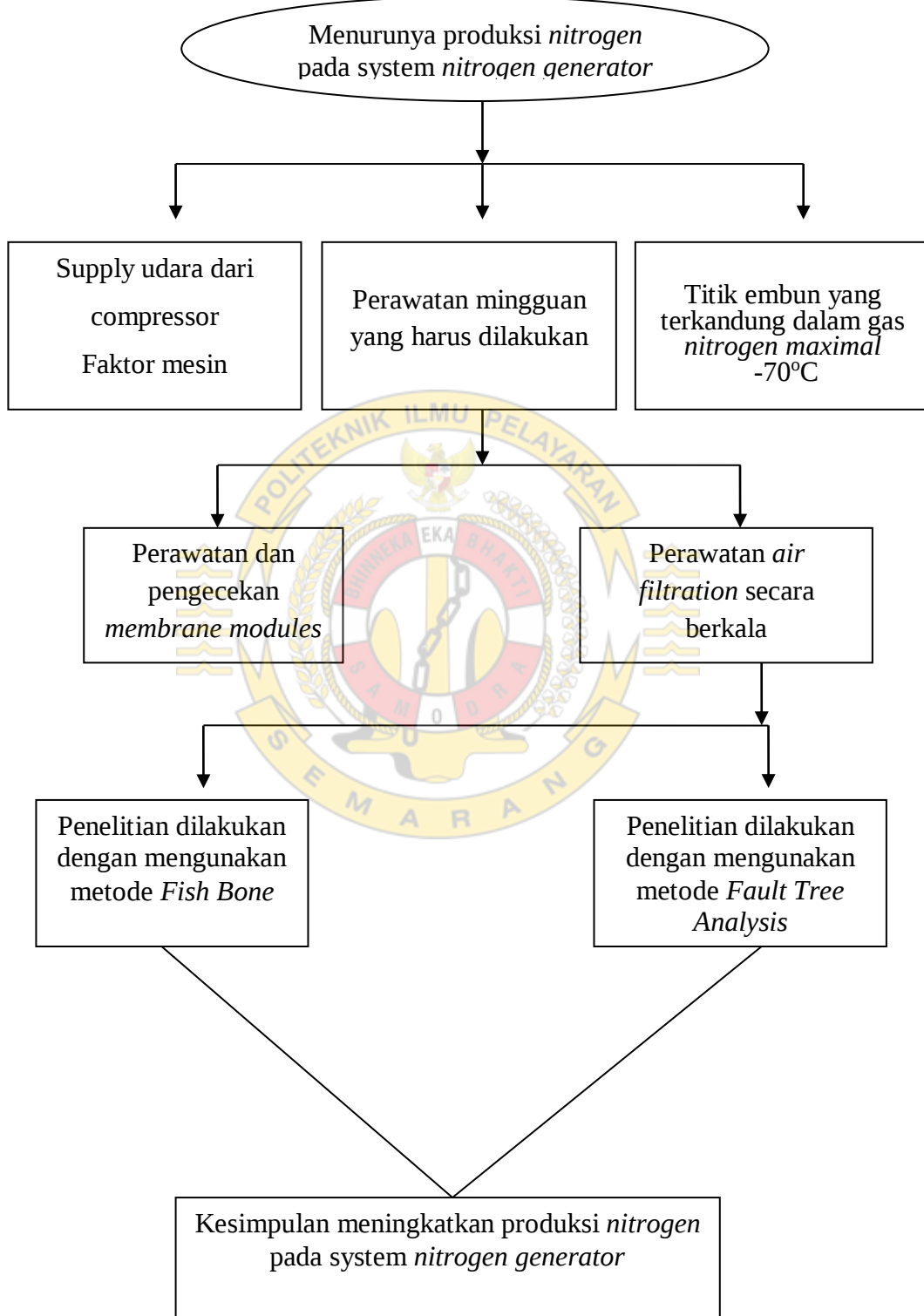
Suatu alat ukur yang dipakai untuk mengetahui jumlah kandungan dari uap air yang ada pada suatu zat. Alat ukur ini menentukan terhadap aliran dari gas *nitrogen* yang akan masuk ke dalam *N<sub>2</sub> buffer tank* selain dari pada *oxygen analyzer*.

**4. Pengertian *oxygen analyzer* untuk mengetahui kandungan *oxygen content***

*Oxygen analyzer* adalah suatu alat yang digunakan untuk mengetahui kandungan dari unsur udara yang melewati sensor dari *oxygen analyzer* sehingga dapat dipisahkan antara *oxygen*, *nitrogen* dan senyawa lain. *Oxygen analyzer* sangatlah penting untuk meningkatkan kinerja dari *membrane modules* agar *oxygen* dan gas lain dapat terbuang melalui katup *pneumatic*, apabila *oxygen analyzer* tidak berfungsi maka *oxygen* dan senyawa lain akan ikut diproses menuju *membrane modules*, sehingga gas *nitrogen* tidak sepenuhnya murni masuk ke *buffer tank*, dari kegagalan diatas maka kalibrasi pada *oxygen analyzer* harus dilakukan, kemudian untuk menunjang kebutuhan *nitrogen* di atas kapal. Seperti yang kita ketahui *nitrogen* sangat penting untuk menghindari kebakaran di atas kapal.

## B. Kerangka pikir penelitian

### 1. Pengaruh terhadap kerja *nitrogen generator*



**Gambar 2.2.** Kerangka pikir penelitian

Untuk mempermudah serta memperdalam pemahaman terhadap memecahkan masalah, maka penulis membuat kerangka pikir penelitian sebagai berikut:

## 2. Faktor-faktor penyebab menurunnya produksi *nitrogen*

- a. *Feed air compressor*
- b. *Adsorption dryer*
- c. *Air filtration*
- d. *Membrane modules*

### **Penjelasan bagan kerangka pikir**

Berdasarkan kerangka pikir diatas, dapat dijelaskan dari topik yang dibahas yaitu tentang menurunnya produksi *nitrogen* pada sistem *nitrogen generator* yang mana dari topik tersebut akan menghasilkan rumusan masalah mengapa terjadi penurunan produksi *nitrogen* pada unit *nitrogen generator* dan bagaimana mengatasi terjadinya penurunan produksi *nitrogen* pada unit *nitrogen generator* karena tidak bekerja secara *optimal*. Masalah kinerja *nitrogen generator* dapat dilihat dari perawatan terhadap masalah tersebut, penyebab tidak maksimalnya kinerja *nitrogen generator* yaitu kurangnya perawatan terhadap komponen dari *nitrogen generator*, komponen tersebut diantaranya adalah *oxygen analyzer* dan *membrane modules*.

Dari penjelasan diatas penulis dapat menyimpulkan akibat tidak terjadinya pengisian pada  $N_2$  *buffer tank* akibat tingginya jumlah kandungan *oxygen content* pada udara dan tingginya titik embun yang terkandung dalam nitrogen melebihi batas dari  $-70^{\circ}C$  yaitu mengakibatkan menurunnya

produksi *nitrogen generator* di kapal MT.GAS WIDURI, dimana *nitrogen* sangat dibutuhkan di kapal untuk mencegah terjadinya kebakaran. Apabila *oxygen content* melebihi batas yaitu kurang dari 0,25% yang dapat mengakibatkan dampak yang besar bagi kapal tersebut, karena dampak tersebut adalah bisa membuat produksi *nitrogen* berkurang.

Dari masalah tersebut yaitu menurunnya produksi *nitrogen* pada sistem *nitrogen generator* yang menyebabkan menurunnya produksi *nitrogen* pada sistem *nitrogen generator*, sehingga timbul upaya ataupun usaha yang dilakukan untuk menanggulangi masalah yang ada. Setelah upaya penanganan masalah telah dilaksanakan, maka dihasilkan produksi *nitrogen* pada sistem *nitrogen generator* kembali normal dan tidak akan kekurangan stok *nitrogen* di kapal.

### C. Definisi Operasional

#### 1. Fungsi dari *nitrogen*

*Nitrogen generator* dibuat dengan prinsip dasar untuk menghindari terjadinya bahaya kebakaran, hal ini dikarenakan gas *nitrogen* merupakan gas yang tidak dapat terbakar karena sifat dari *nitrogen* adalah lebih dingin pada kapal pengangkut gas dipakai untuk :

##### 1. *Purging annular space*

*Annular space* dipurging dengan  $N_2$  terus menerus yaitu untuk meyakinkan udara kering didalam insulasi, sehingga tangki muatan tetap terjaga.

##### 2. *Purging cargo line*

Dilaksanakan bila pipa-pipa khusus (*spool pieces*) dipasang sebelum masuk *dock* guna mencegah udara masuk kedalam pipa dan tangki.

### 3. *Cargo gas compressor shaft gland sealing*

*Supply nitrogen* pada *shaft seal cargo compressor* guna mencegah udara keluar ke udara akibat kebocoran pada *shaft seal gas cargo compressor*.

### 4. *Ventrizer fire extinguisher*

*Nitrogen* digunakan sebagai media pemadam melalui *ventrizers* bila terjadi kebocoran yang mengakibatkan kebakaran pada tangki muat.

### 5. *Engine room gas line purging*

Dilaksanakan untuk membersihkan *line* pipa dari *engine room* menuju *deck* agar tidak terdapat *oxygen* didalam *line* tersebut

## 2. Sejarah dan sifat dari *nitrogen*

*Nitrogen* adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang N dan nomor atom 7. unsur ini pertama kali ditemukan dan di isolasi oleh dokter berkebangsaan Skotlandia Daniel Rutherford pada tahun 1772. Meskipun Carl Wilhelm Scheele dan Henry Cavendish secara terpisah telah melakukan hal yang sama di waktu yang sama pula, Rutherford secara umum sesuai untuk menerima penghargaan tersebut karena karyanya dipublikasikan pertama kali. Nama *nitrogen* diusulkan oleh Jean Antoine Claude Chaptal pada tahun 1790, ketika ia menemukan bahwa *nitrogen* hadir dalam asam nitrat dan nitrat nama ini diturunkan dari bahasa Yunani: *nitre* yang berarti membentuk. antoine lavoisier malah mengusulkan nama *azote*, dari bahasa yunani yang berarti tak hidup, karena unsur itu termasuk gas *asfiksia*, nama usulan Lavoisier malah digunakan di banyak bahasa, seperti Perancis, Rusia, dan Turki, dan muncul dalam dua nama bahasa Inggris untuk beberapa senyawa *nitrogen* seperti *hidrazin*, *azida* dan *azo*.

*Nitrogen* adalah anggota paling ringan dari golongan 15 tabel periodik, seringkali disebut *pniktogen*. Nama tersebut berasal dari bahasa Yunani tersedak, merujuk langsung kepada sifat sepesifikasi *nitrogen*. *Nitrogen* adalah unsur umum dalam alam semesta, diperkirakan berada pada urutan ke-7 total kelimpahan dalam galaksi bima sakti dan tata surya. Pada suhu dan tekanan standar, dua atom unsur ini berikatan membentuk *nitrogen*, suatu gas atomik yang tak berwarna dan tak berbau, dengan rumus kimia  $N_2$ . *Nitrogen* membentuk sekitar 78% *atmosfer* bumi, membuatnya sebagai unsur mandiri yang paling melimpah. *Nitrogen* terdapat dalam semua organisme, terutama dalam asam amino (dan juga protein tentunya), dalam asam nukleat (DNA dan RNA) serta dalam molekul pemindah energi *adenosin trifosfat* (ATP). Tubuh manusia mengandung sekitar 3% *nitrogen* (berdasarkan massa), dan merupakan unsur paling melimpah ke-4 di dalam tubuh setelah *oxygen karbon* dan *hidrogen*. Siklus *nitrogen* menjelaskan pergerakan unsur dari udara memasuki biosfer dan senyawa organik, kemudian kembali ke *atmosfer*. Banyak senyawa yang penting untuk industri, seperti amonia, asam nitrat, nitrat organik (propelan dan bahan peledak), serta *sianida*, mengandung *nitrogen*. Ikatan rangkap tiga yang sangat kuat dalam *nitrogen elementer* ( $N \equiv N$ ), ikatan paling kuat kedua dalam molekul atomik setelah karbon monoksida ( $CO$ ),<sup>[2]</sup> mendominasi kimia *nitrogen*. Hal ini menyebabkan kesulitan untuk baik organisme maupun industri dalam mengubah  $N_2$  menjadi senyawa yang bermanfaat, tetapi di saat yang sama membakar meledakkan atau menguraikan senyawa *nitrogen* untuk membentuk gas *nitrogen* akan melepaskan energi dalam jumlah besar yang

seringkali bermanfaat. Amonia dan nitrat sintetis adalah pupuk industri utama, dan pupuk nitrat adalah *polutan* utama dalam *eutrofikasi* sistem air.

Terlepas dari penggunaannya sebagai pupuk dan penyimpan energi, *nitrogen* adalah kumpulan dari beragam senyawa organik seperti *kevlar* yang digunakan dalam kain berkekuatan tinggi dan *sianoakrilat* yang digunakan dalam *superglue*. *Nitrogen* adalah kumpulan dari semua kelas obat *farmakologi* utama, termasuk *antibiotika*. Banyak obat atau produk meniru molekul sinyal alami yang mengandung *nitrogen*: contohnya, nitrat organik *nitrogliserin* dan *nitroprusida* mengendalikan tekanan darah dengan *metabolisme* menjadi *nitrogen monoksida*. Banyak obat penting yang mengandung *nitrogen*, seperti *kafeina* dan *morfin* alami atau *amfetamin* sintetis bertindak selaku *reseptor neurotransmitter* hewan.

Sifat dari *nitrogen* adalah tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau. Membentuk molekul *atomik*, yang berarti bahwa ada dua atom *nitrogen* per molekul gas *nitrogen* ( $N_2$ ). Dalam konfigurasi *nitrogen* ini sangat lembab, yang berarti bahwa hal itu tidak biasanya bereaksi dengan senyawa lain. Pada suhu  $-210^\circ C$  *nitrogen* akan menjadi cair. *nitrogen* cair berbentuk seperti air. Gas *nitrogen* hampir larut dalam air, itu adalah sedikit lebih ringan daripada udara dan sedikit larut dalam air, dan mengembun pada yang titik didih  $-195.8^\circ C$  ( $-320.4^\circ F$ ) ke cairan tidak berwarna yang lebih ringan dari air.