



---

## **BAB II**

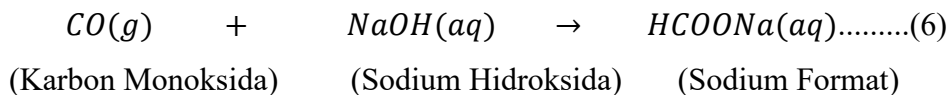
### **SELEKSI DAN URAIAN PROSES**

#### **II. 1. Macam-Macam Proses**

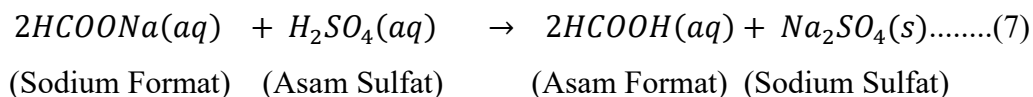
Berikut adalah beberapa proses utama dalam produksi Asam Format, antara lain :

##### **1. Karbonilasi**

Proses produksi Asam Format ( $\text{HCOOH}$ ) melalui metode karbonilasi dilakukan dengan mereaksikan karbon monoksida ( $\text{CO}$ ) dengan Sodium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) untuk membentuk Sodium format ( $\text{HCOONa}$ ) sebagai produk antara. Reaksi ini umumnya berlangsung dalam reaktor bertekanan seperti autoclave reactor atau packed tower reactor. Karbon monoksida yang digunakan biasanya diperoleh dari pembakaran tidak sempurna kokas atau dari proses reduksi karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Larutan Sodium hidroksida dimasukkan ke dalam reaktor kemudian direaksikan dengan gas karbon monoksida pada kondisi temperatur sekitar  $150\text{--}200\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan tekanan  $100\text{--}150\text{ psi}$ , sehingga terbentuk Sodium format dalam fase cair. Reaksi utama yang terjadi pada tahap ini adalah sebagai berikut :



Produk Sodium format yang dihasilkan kemudian mengalami tahap pengasaman menggunakan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) untuk menghasilkan Asam Format bebas. Reaksi ini menghasilkan Asam Format dan Sodium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) sebagai produk samping, dengan reaksi sebagai berikut :



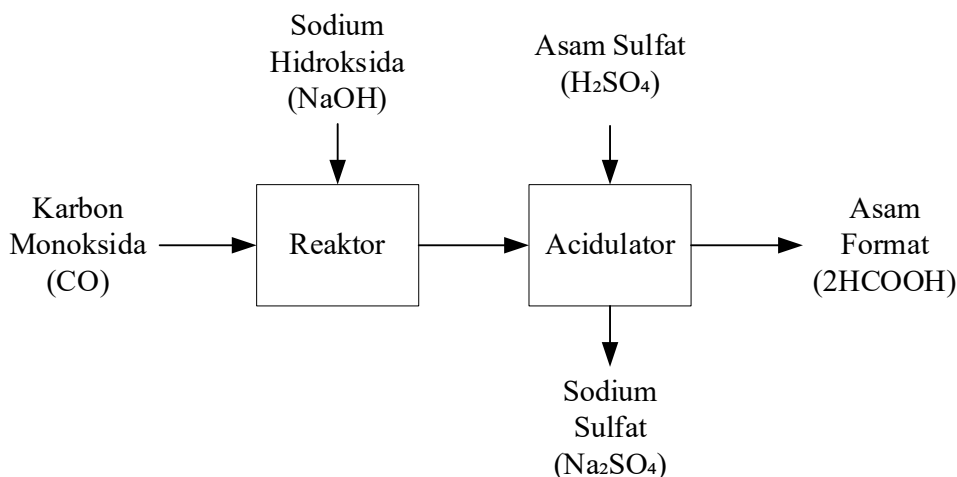
Larutan hasil reaksi selanjutnya dipisahkan dan dimurnikan. Asam format yang terbentuk biasanya diperoleh dalam konsentrasi sekitar  $90\text{--}95\%$  melalui proses distilasi. Untuk menghasilkan Asam Format dengan kemurnian yang lebih tinggi, dapat dilakukan penambahan Asam Sulfat pekat yang berfungsi menurunkan kandungan air melalui proses dekomposisi azeotropik. Sementara itu, Sodium Sulfat yang terbentuk dapat dipisahkan melalui proses kristalisasi atau metode



## PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Asam Format dari Sodium Hidroksida dan Karbon Monoksida dengan Proses Karbonilasi”

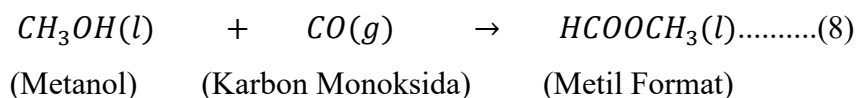
pemisahan lainnya sebagai produk samping. Proses karbonilasi ini merupakan salah satu metode produksi Asam Format yang cukup sederhana karena menggunakan bahan baku yang relatif mudah diperoleh serta kondisi operasi yang masih dalam rentang moderat dalam industri kimia (Faith et al, 1960).



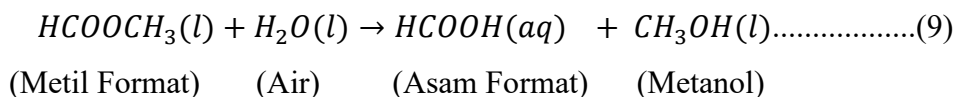
Gambar II. 1 Diagram Alir Proses Karbonilasi

### 2. Hidrolisis Metil Format

Proses kedua dalam pembuatan Asam Format adalah hidrolisis metil format. Pada metode ini, Metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) direaksikan dengan karbon monoksida ( $\text{CO}$ ) pada suhu sekitar  $200\text{ }^\circ\text{C}$  dan tekanan  $25\text{--}50\text{ atm}$  untuk menghasilkan metil format ( $\text{HCOOCH}_3$ ) sebagai senyawa antara. Reaksi ini biasanya berlangsung dalam fase cair dengan bantuan katalis basa seperti Sodium Metoksida atau katalis lainnya yang dapat mempercepat pembentukan ester format. Reaksi pembentukan metil format dapat dituliskan sebagai berikut :



Metil Format yang terbentuk kemudian mengalami hidrolisis dengan air menggunakan katalis asam, umumnya asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), sehingga menghasilkan Asam Format ( $\text{HCOOH}$ ) dan Metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ). Metanol yang dihasilkan pada tahap ini dapat dipisahkan dan didaur ulang kembali ke tahap awal proses. Reaksi hidrolisis metil format dapat dituliskan sebagai berikut :

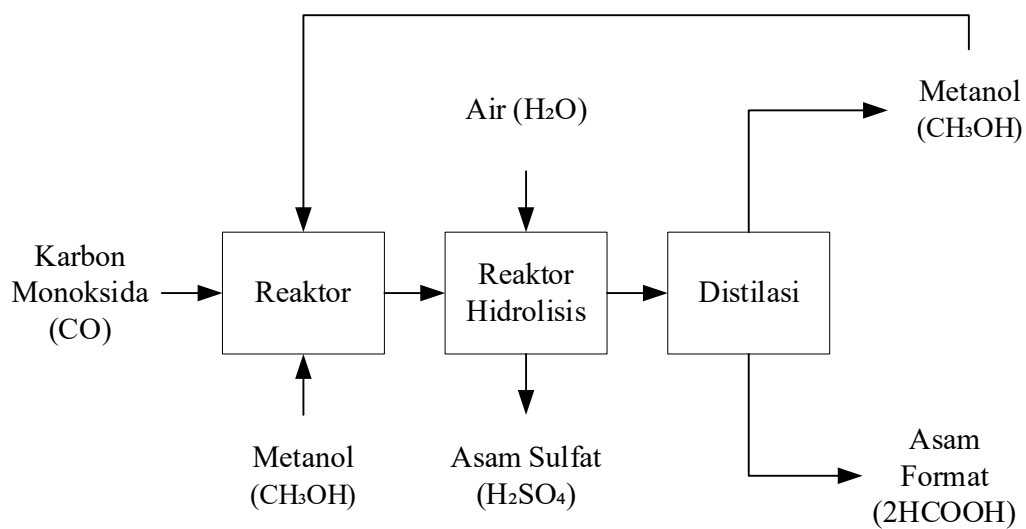




## PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Asam Format dari Sodium Hidroksida dan Karbon Monoksida dengan Proses Karbonilasi”

Selain melalui hidrolisis langsung, produksi Asam Format dengan konsentrasi tinggi juga dapat diperoleh melalui reaksi metil format dengan asam dikarboksilat seperti asam oksalat atau asam glutarat dengan bantuan katalis esterifikasi (misalnya asam sulfat). Pada proses ini, Asam Format dilepaskan dari reaksi Ester dan Ester Metil dari Asam Dikarboksilat terbentuk sebagai produk antara, yang kemudian dapat dihidrolisis kembali untuk meregenerasi asam awal (Faith et al, 1960).



Gambar II. 2 Diagram Alir Proses Hidrolisis Metil Format



## PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Asam Format dari Sodium Hidroksida dan Karbon Monoksida dengan Proses Karbonilasi”

### II. 2. Pemilihan Proses

Tabel II. 1 Tabel Pemilihan Proses Pembuatan Asam Format

| Parameter    | Proses Karbonilasi                                 | Proses Hidrolisis Metil Format                                                  |
|--------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Bahan Baku   | Karbon Monoksida (CO) dan Sodium Hidroksida (NaOH) | Metanol (CH <sub>3</sub> OH), Karbon Monoksida (CO), dan air (H <sub>2</sub> O) |
| Katalis      | -                                                  | Asam Sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )                                   |
| Reaksi       | Fase cair                                          | Fase cair                                                                       |
| Reaktor      | Agitated Autoclave Reactor                         | CSTR                                                                            |
| Suhu         | 150 – 200°C                                        | ± 200°C                                                                         |
| Waktu reaksi | 10 – 30 menit                                      | 10-15 menit                                                                     |
| Konversi     | -                                                  | -                                                                               |
| Yield        | 95%                                                | 85%                                                                             |

Berdasarkan tabel perbandingan proses, maka perancangan pabrik Asam Format (2HCOOH) dipilih menggunakan Proses Karbonilasi dengan pertimbangan sebagai berikut :

#### 1. Ketersediaan bahan baku dan biaya bahan baku

Proses karbonilasi menggunakan karbon monoksida (CO) dan Sodium hidroksida (NaOH) yang mudah diperoleh dari industri kimia dasar dan tersedia dalam jumlah besar dengan harga relatif murah. Sebaliknya, proses hidrolisis metil format memerlukan bahan baku tambahan seperti metanol serta tahap pembentukan metil format terlebih dahulu, sehingga kebutuhan bahan baku menjadi lebih banyak dan biaya proses lebih tinggi.

#### 2. Kesederhanaan sistem reaksi

Proses karbonilasi berlangsung melalui satu tahap reaksi utama antara CO dan NaOH untuk membentuk Sodium format yang kemudian diasamkan menjadi Asam Format. Sebaliknya, proses hidrolisis metil format melibatkan dua tahap reaksi, yaitu pembentukan metil format dan tahap hidrolisisnya, sehingga sistem proses menjadi lebih kompleks.



## PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Asam Format dari Sodium Hidroksida dan Karbon Monoksida dengan Proses Karbonilasi”

### 3. Aspek operasi proses

Proses karbonilasi berlangsung dalam fase cair menggunakan reaktor autoklaf berpengaduk dengan kondisi operasi yang relatif stabil dan mudah dikontrol. Sebaliknya, proses hidrolisis metil format membutuhkan beberapa unit operasi tambahan seperti reaktor pembentukan metil format, reaktor hidrolisis, serta unit distilasi untuk pemisahan dan recycle metanol.

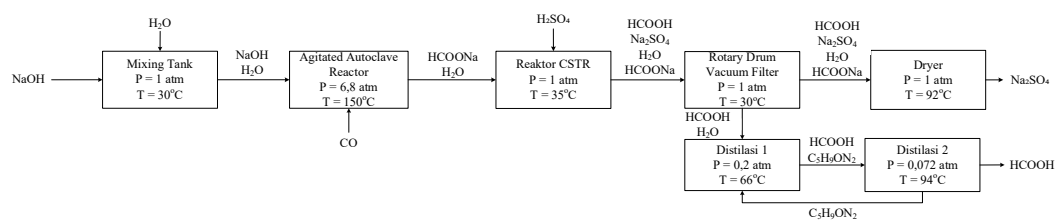
### 4. Pertimbangan ekonomi

Penggunaan bahan baku yang relatif murah serta tidak diperlukannya katalis khusus membuat proses karbonilasi lebih ekonomis untuk operasi jangka panjang. Sebaliknya, proses hidrolisis metil format memerlukan lebih banyak tahap proses dan unit pemisahan sehingga biaya investasi dan operasional menjadi lebih besar.

### 5. Kesesuaian skala industri

Proses karbonilasi lebih sesuai untuk produksi skala industri karena menggunakan bahan baku yang mudah tersedia dan memiliki sistem proses yang lebih sederhana. Sebaliknya, proses hidrolisis metil format lebih kompleks karena melibatkan tahapan reaksi dan pemisahan tambahan.

## II. 3. Uraian Proses



Gambar II. 3 Uraian Proses

### 1. Persiapan Bahan Baku

Tahap persiapan bahan baku dilakukan untuk menyiapkan umpan reaktor yang berada dalam kondisi sesuai dengan kebutuhan proses karbonilasi. Sodium hidroksida (NaOH) dengan kemurnian 98% dimasukkan ke dalam tangki pelarutan dan dicampurkan dengan air hingga membentuk larutan dengan konsentrasi 30%. Proses pelarutan dilakukan dengan pengadukan sehingga terbentuk larutan NaOH

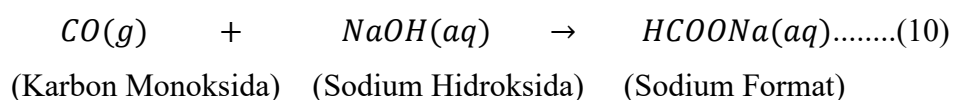


yang homogen. Larutan ini kemudian dinaikkan temperaturnya hingga 150°C dan dialirkan menuju reaktor sebagai umpan cair.

Karbon monoksida (CO) yang diperoleh dari tangki penyimpanan gas dikompresi terlebih dahulu hingga mencapai tekanan 6,8 atm dan dinaikkan temperaturnya hingga 150°C yang kemudian dialirkan ke dalam reaktor. Tahap persiapan ini bertujuan untuk memastikan bahwa reaktan berada dalam kondisi yang sesuai sehingga reaksi karbonilasi dapat berlangsung secara optimal.

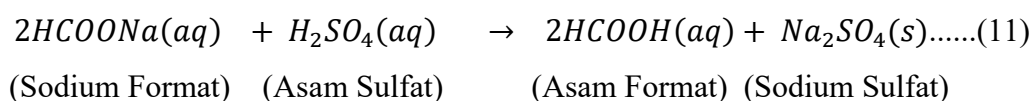
#### 2. Tahap Reaksi

Larutan Sodium hidroksida yang telah dipersiapkan dialirkan ke dalam reaktor autoklaf berpengaduk (*agitated autoclave reactor*). Pada saat yang sama, gas karbon monoksida dimasukkan ke dalam reaktor sehingga terjadi kontak antara fase gas dan fase cair. Reaktor dioperasikan pada suhu sekitar 150 °C dan tekanan 6,8 atm untuk mempercepat reaksi karbonilasi. Di dalam reaktor terjadi reaksi antara karbon monoksida dan Sodium hidroksida yang menghasilkan Sodium format (HCOONa) sebagai produk antara. Reaksi utama yang terjadi dapat dituliskan sebagai berikut :



Sodium format yang terbentuk kemudian dialirkan keluar dari reaktor menuju tahap selanjutnya. Reaksi karbonilasi berlangsung dalam fase cair dengan bantuan pengadukan untuk meningkatkan kontak antara gas CO dan larutan NaOH sehingga konversi reaksi dapat berlangsung dengan baik.

Larutan Sodium format yang dihasilkan dari reaktor selanjutnya direaksikan dengan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) untuk menghasilkan Asam Format. Pada tahap ini terjadi reaksi pengasaman yang menghasilkan Asam Format sebagai produk utama dan Sodium sulfat sebagai produk samping. Reaksi yang terjadi dapat dituliskan sebagai berikut :



Reaksi ini dilakukan dalam reaktor CSTR dengan kondisi operasi pada temperatur 35°C dan tekanan 1 atm.



#### 3. Pemisahan Awal

Tahap pemisahan awal dilakukan untuk memisahkan sodium sulfat sebagai produk samping dari larutan yang mengandung asam format. Campuran hasil reaksi pengasaman dialirkan menuju unit filtrasi untuk memisahkan sodium sulfat yang berada dalam bentuk padat dari fase cair. Sodium sulfat yang telah dipisahkan selanjutnya dialirkan menuju unit pengeringan untuk mengurangi kandungan air yang masih terdapat pada padatan sehingga diperoleh sodium sulfat yang lebih kering. Sementara itu, filtrat yang mengandung asam format dan air dialirkan menuju tahap pemurnian produk. Pemisahan awal ini bertujuan untuk mengurangi kandungan produk samping sebelum larutan memasuki unit pemurnian.

#### 4. Pemurnian Produk

Larutan yang mengandung Asam Format dan air selanjutnya dialirkan menuju unit distilasi pertama. Distilasi pertama bertujuan untuk memisahkan Asam Format dari air, sehingga diperoleh aliran Asam Format dengan konsentrasi yang lebih tinggi. Selanjutnya, aliran Asam Format tersebut dialirkan menuju unit distilasi kedua untuk memisahkan Asam Format dari Entrainer yang digunakan dalam proses pemurnian. Pemisahan pada distilasi kedua dilakukan untuk menghilangkan sisa entrainer sehingga diperoleh produk Asam Format dengan kemurnian yang lebih tinggi. Dengan demikian, Asam Format dengan konsentrasi sekitar 95% dapat diperoleh sebagai produk utama, sedangkan aliran air dan entrainer yang terpisah dapat dikeluarkan dari sistem atau, apabila memenuhi spesifikasi, dimanfaatkan kembali dalam proses.