

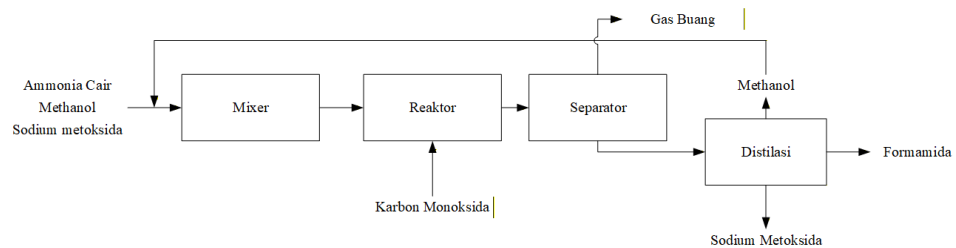
BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

II.1 Macam-Macam Proses

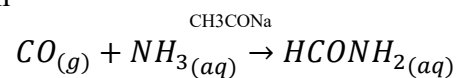
Proses produksi formamida dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa proses, diantaranya sebagai berikut:

1. Proses *Direct Synthesis*



Gambar II. 1 Sintesis Formamida dengan Proses Direct Synthesis

Pada proses *direct synthesis*, formamide diproduksi dengan reaktan berupa karbon monoksida dengan amonia. Pada proses *direct synthesis*, digunakan dengan katalis homogen basa, umumnya sodium metoksida yang dilarutkan dalam methanol dengan konsentrasi 30%-weight (European Patent; EP1144363A1). Secara umum, reaksi yang terjadi pada proses *direct synthesis* adalah

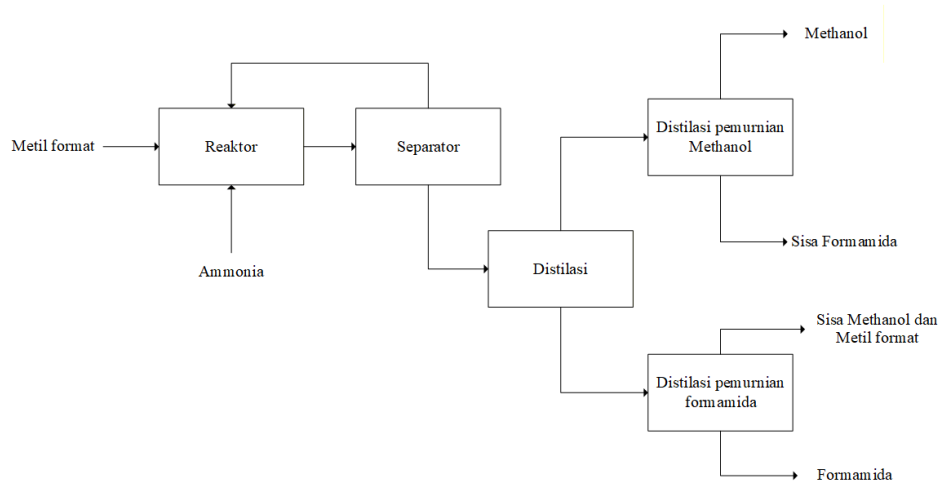


Umpan berupa amonia cair, metanol, dan sodium metoksida akan dialirkan ke dalam *feed mixer* yang beroperasi pada tekanan 16,78 atm. Perbandingan molar ammonia dan pelarut methanol adalah 1:1 (European Patent; EP1144363A1). Campuran dari umpan dan formamida hasil *recycle*, dialirkan melalui *line mixer* pada temperatur 80°C (Bipp dan heinz, 2011). Campuran ini kemudian diumpankan ke dalam reaktor menggunakan *nozzle* yang berisi karbon monoksida pada tekanan 300 atm. Campuran dari produk yang terbentuk akan dikeluarkan dari bagian bawah reaktor dan dialirkan ke dalam separator bertekanan tinggi. Karbon monoksida yang tidak bereaksi di-*recycle* ke reaktor. Adapun *crude* produk yang berfase liquid beberapa

akan di-*recycle* menuju line mixer, sementara sisanya akan masuk ke dalam separator bertekanan rendah. Gas-gas yang ikut terlarut saat di separator tekanan rendah akan dilepas (*vented*) dan liquid akan dialirkan menuju kolom distilasi. Distilat berupa metanol akan di-*recycle* sedangkan katalis sebagai produk bawah akan dibuang. Formamida diambil dari aliran samping yang berupa uap.

Proses *direct synthesis* memiliki kelebihan seperti menghasilkan yield formamida dari amonia yang baik, yaitu sebesar 98% (McKetta, 1985). Namun, proses ini memerlukan umpan atau *feed* karbon moksida yang murni, karena pengotor seperti air, karbon dioksida, dan hidrogen sulfida dapat menyebabkan reaksi samping dan keracunan katalis (Othmer, 1994).

2. Proses Ammonolisis



Gambar II. 2 Sintesis Formamida dengan Proses Ammonolisis

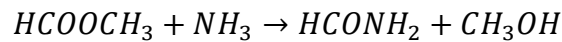
Seiring dengan ketersediaan methyl formate yang memiliki kemurnian tinggi, proses *Two-step* yang dikembangkan oleh BASF, menggunakan umpan berupa metil format dan amonia. Pada tahap awal pengembangannya, proses ini dirancang dengan memproduksi metil format secara terpisah, lalu metil format tersebut digunakan sebagai bahan baku formamida. Namun, seiring tersedianya metil formate berkualitas tinggi secara komersial, proses ini dioperasikan dengan menghilangkan tahapan



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Formamida dari Metil Format dan Ammonia dengan Proses Ammonolisis Kapasitas 55.000/Tahun”

produksi metil format dan langsung memanfaatkan metil format murni sebagai bahan baku. Proses ini berlangsung dengan reaksi ammonolysis yaitu



Proses ini menggunakan reaktor kontinu yang dilengkapi dengan penukar panas eksternal. Kondisi reaktor dijaga pada rentang suhu 60°C pada tekanan 3 atm. Metil format dialirkan ke dalam reaktor dengan pompa sirkulasi dan amonia dialirkan ke dalam reaktor melalui sebuah *nozzle*. Produk reaksi yang terdiri dari formamida, metanol serta metil format dan amonia yang tidak bereaksi akan dialirkan menuju unit *recovery* metanol. Pada unit ini, produk reaksi akan melewati sistem distilasi. Crude metanol terkumpul di dasar kolom dan dipisahkan dari formamida yang keluar dari bagian atas kolom. Selanjutnya crude metanol didistilasi dar campuran dengan titik didih rendah seperti amonia dan metil format yang akan di-*recycle* menuju reaktor. Untuk memurnikan formamida yang terbentuk dari sisa-sisa campuran bertitik didih rendah, maka formamida tersebut harus melalui proses distilasi vakum. Proses ini menghasilkan yield formamida kemurnian mencapai lebih dari 99,5% (Bipp dan Heinz, 2011).

II.2 Pemilihan Proses

Berdasarkan beberapa proses pembuatan formamida tersebut, dapat dibuat perbandingan sebagai berikut:

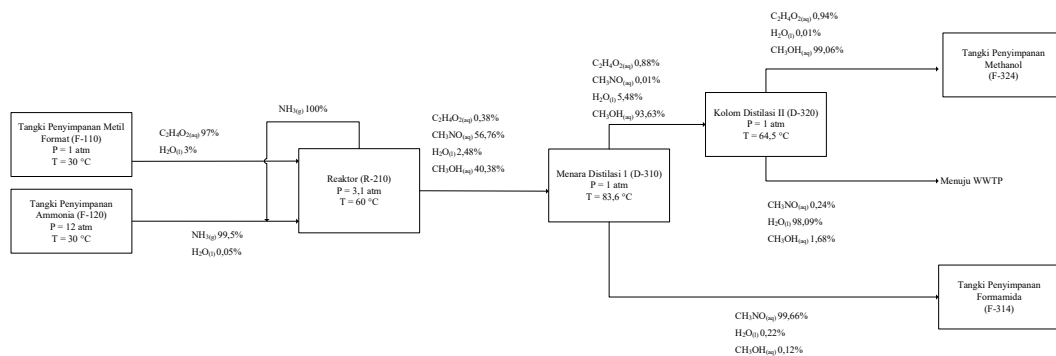
Tabel II. 1 Tabel pemilihan proses produksi Formamida

No.	Parameter	Proses <i>Direct Synthesis</i>	Proses Ammonolisis
1.	Bahan Baku	CO dan NH ₃	HCOOCH ₃ dan NH ₃
2.	Fase	Gas-Liquid	Gas-Liquid
3.	Tekanan	16,78 atm	3 atm
4.	Suhu Operasi	80 °C	60 °C
5.	Katalis	Sodium metoksida	-
6.	<i>Yield</i>	98%	99,5%

Berdasarkan perbandingan dari beberapa proses di atas, maka proses *Two-Step* dalam pembuatan formamida dipilih. Alasan pemilihan proses *Two-Step*, adalah sebagai berikut:

- Kondisi operasi seperti suhu dan Tekanan pada proses *Two-Step* tidak terlalu tinggi, sehingga memudahkan dalam pengendalian dan keamanan proses.
- Proses *Direct Synthesis* memerlukan karbon monoksida dengan kemurnian tinggi untuk mencegah kerusakan katalis akibat keberadaan pengotor. Namun, karbon monoksida dengan kemurnian yang tinggi sulit diperoleh dan harganya cukup mahal.
- Proses Ammonolisis tidak menggunakan katalis sehingga tahap pemurniannya menjadi lebih sederhana dan tidak menambah kompleksitas proses.
- Proses Ammonolisis menghasilkan yield formamide yang lebih tinggi, yaitu mencapai 99,5%

II.4 Uraian Proses



Gambar II. 3 Diagram Blok Proses Pembuatan Formamida dengan Proses Ammonolisis

Proses pembuatan formamida dengan ammonolisis menggunakan bahan baku utama ammonia dan metil format terdiri atas beberapa tahapan proses, yaitu

- Tahap Persiapan Bahan Baku
- Tahap Sintesis
- Tahap Pemisahan dan Pemurnian

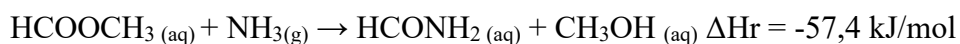


II.4.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan dalam proses pembuatan formamida menggunakan metil format dan ammonia. Kedua bahan baku, metil format dan ammonia disimpan dalam tangki penyimpanan dalam bentuk cair. Ammonia disimpan dalam tangki penyimpanan (F-120) pada tekanan 12 atm dan suhu 30 °C untuk memastikan fase liquid. Ammonia yang berasal dari tangki penyimpanan ammonia (F-120) diturunkan tekanannya dengan pressure reducing valve (K-121) menjadi 5 atm, sehingga suhu keluaran pressure reducing valve 6 °C. Kondisi ini masih menghasilkan ammonia berfase liquid. Selanjutnya ammonia dialirkan menuju *vaporizer* (E-122). *Vaporizer* akan menguapkan umpan total dengan suhu menjadi 60 °C. Aliran ammonia keluaran *vaporizer* (V-122) bersama dengan aliran *recycle* ammonia dari reaktor yang berada dalam fase gas, selanjutnya dialirkan sebagai umpan melalui *sparger* di dasar reaktor *bubble* pada kondisi suhu 60 °C dan tekanan 3 atm dengan menggunakan bantuan kompressor (G-124) dan (G-123). Adapun bahan baku utama lain, yaitu metil format mula-mula disimpan pada tangki penyimpanan (F-110) dengan tekanan 1 atm dan suhu 30 °C. Selanjutnya metil format dipompa menggunakan pompa (L-111) hingga menjadi tekanan 3 atm. Umpan metil format dialirkan menuju heater (E-112) hingga menjadi suhu 60 °C. Selanjutnya aliran metil format tersebut diumpankan melalui bagian atas reaktor *bubble* untuk direaksikan dengan ammonia pada kondisi suhu 60 °C dan tekanan 3 atm.

II.4.2 Tahap Sintesis

Tahap sintesis terjadi pada reaktor (R-210) dengan fase reaksi berupa gas-liquid antara ammonia dan metil format. Reaksi terjadi pada kondisi operasi suhu 60 °C dan tekanan 3 atm. Pada reaktor *bubble*, cairan masuk melalui bagian atas kolom reaktor *bubble*, sementara umpan gas didispersikan ke dalam cairan melalui *sparger*. Reaksi yang terjadi antara ammonia dan metil format adalah sebagai berikut





PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Formamida dari Metil Format dan Ammonia dengan Proses Ammonolisis Kapasitas 55.000/Tahun”

Reaksi pada tahap sintesis formamida terjadi secara eksotermis, sehingga diperlukan coil pendingin untuk menjaga suhu reaktor tetap sesuai pada kondisi operasi yang sesuai untuk reaksi sintesis formamida tersebut. Penggunaan jaket pendingin dipilih karena luas permukaan jaket pendingin cukup untuk mengakomodir luas kebutuhan perpindahan panas untuk menjaga suhu reaktor tetap konstan. Keluaran dari reaktor *bubble* (R-210) terdiri atas dua fase, yaitu fase gas yang keluar melalui bagian atas kolom dan fase cair yang keluar melalui bagian bawah kolom. Fase gas terdiri atas komponen ammonia dan akan diumpankan kembali sebagai *recycle* menuju aliran bawah ammonia yang masuk ke reaktor. Adapun fase cair keluar melalui bagian bawah kolom akan diturunkan tekanannya menjadi 1 atm dengan reducing valve (K-211) dan dialirkan menuju menara distilasi 1 dengan bantuan pompa (L-212).

II.4.3. Tahap Pemisahan dan Pemurnian

Fase cair keluar melalui bagian bawah reaktor buble kolom yang terdiri atas komponen formamida, metanol, air, dan sedikit metil format akan dipompa dengan pompa (L-212). Cairan tersebut selanjutnya diumpankan menuju menara distilasi I (D-310) yang memiliki kondisi feed 1 atm 60 °C. Pada bagian atas kolom memiliki suhu 76,8 °C dengan tekanan 1 atm, sedangkan pada bagian bawah 214,6 °C dengan tekanan 1 atm. Hasil atas kolom distilasi I berupa gas yang terdiri atas methanol, formamida, air, dan metil format diubah menjadi fase cair dengan kondensor (E-315). Selanjutnya diumpankan dan simpan sementara pada akumulator (F-316). Sebagian keluaran tangki akumulator (F-316) diumpankan kembali ke dalam kolom distilasi 1 sebagai reflux dan sisanya diumpankan pada menara distilasi 2 atau kolom distilasi methanol.

Hasil bawah menara distilasi I yang merupakan produk formamida berfase liquid selanjutnya diumpankan menuju *cooler* (E-313) untuk diturunkan suhunya dari 214,6 °C menjadi 35°C. Produk ini selanjutnya diumpankan dan disimpan dalam tangki penyimpanan formamida (F-314). Selanjutnya untuk memekatkan methanol dari keluaran atas menara distilasi I, yang merupakan produk samping, maka diumpankan kembali menuju menara distilasi 2 atau menara distilasi



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Formamida dari Metil Format dan Ammonia dengan Proses Ammonolisis Kapasitas 55.000/Tahun”

methanol (D-320) yang memiliki kondisi feed 1 atm 64,5 °C. Umpan kolom distilasi 2 dinaikkan terlebih dahulu temperaturnya menggunakan heater (E-319) hingga menjadi 64,5 °C. Kondisi operasi kolom distilasi bagian atas yaitu memiliki suhu 64,5 °C dan tekanan 1 atm dan kondisi operasi kolom bawah 99,3 °C dan tekanan 1 atm. Hasil atas kolom distilasi 2 dalam fase gas berupa methanol, sedikit metil format, dan sedikit air diubah fasenya menjadi liquid menggunakan kondensor (E-322) lalu diumpankan dan disimpan sementara pada akumulator (F-323). Sebagian keluaran akumulator (F-323) diumpankan kembali sebagai reflux dan sisanya dialirkan menuju tangki penyimpanan methanol (F-325). Sementara itu hasil bawah kolom distilasi 2 dalam fase liquid terdiri atas air dengan sedikit methanol dan formamida dan air dialirkan ke pengolahan limbah.