

# **MENGATASI PERMASALAHAN WASH SECTION PADA SISTEM PEMURNIAM GAS BENFIELD**

Oleh

Ir. Edi Madhawidjaja

Ir. Muchlis Nugroho

## **PENDAHULUAN**

Sistem pemurnian gas Benfield berfungsi untuk memisahkan CO<sub>2</sub> dari mainstream gas. Wash section biasanya terletak sebelum aliran gas keluar dari sistem pemurnian gas Benfield tersebut, yaitu terdapat pada puncak kolom absorber atau kolom stripper. Media pencuci yang digunakan adalah air demin/kondensat. Fungsinya adalah membersihkan gas yang akan keluar dari sistem tersebut agar tidak mengandung komponen potassium dengan jumlah yang signifikan yang dapat mengganggu sistem di sebelah downstream.

Setelah pencucian dari komponen potassium, gas biasanya dibersihkan dari droplet cairan pencuci yang mungkin terbawa dalam aliran gas. Hal ini menjadi keharusan jika downstream dari sistem ini tidak dapat mentolerir keberadaan droplet tersebut, misalnya ada kompresor di downstream.

Berikut dibahas beberapa permasalahan yang pernah terjadi dan solusi yang telah diambil.

## **KASUS DAN SOLUSI**

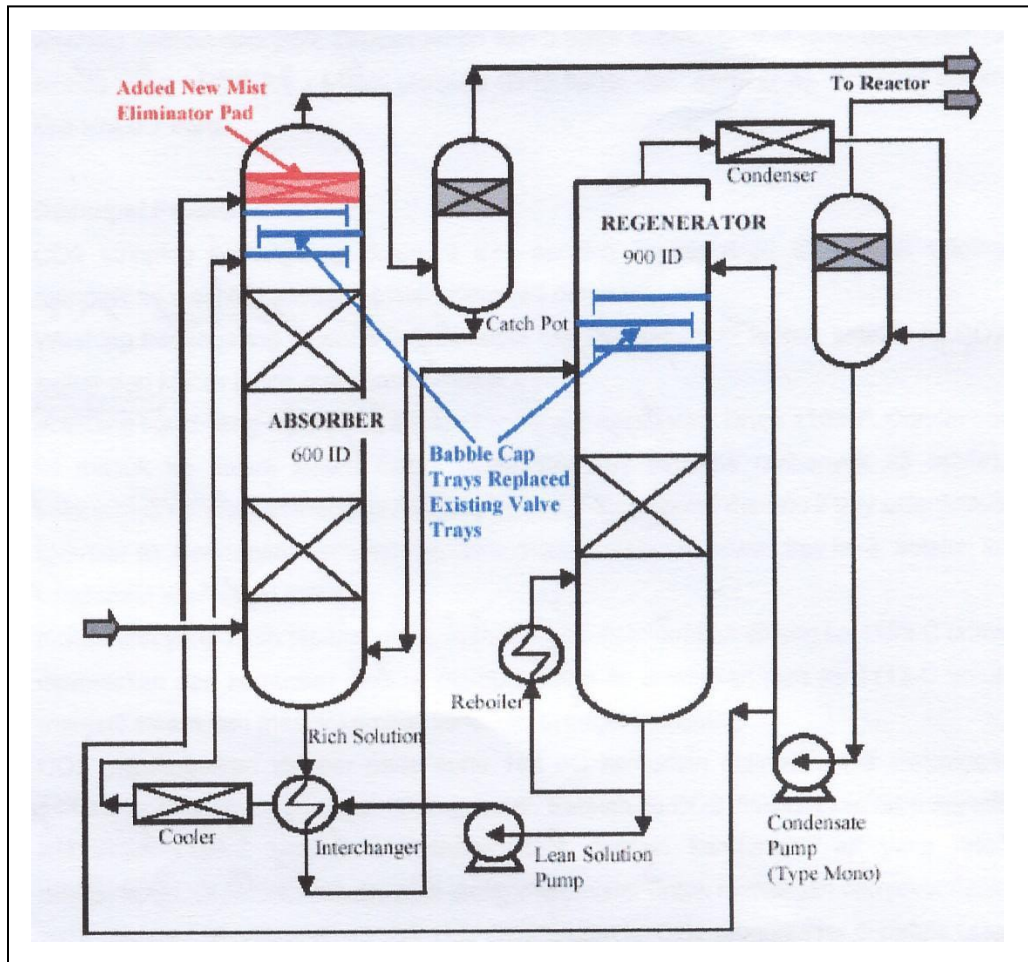
Berikut adalah tiga contoh permasalahan wash section yang mengakibatkan permasalahan bawaan di sebelah downstream unit CO<sub>2</sub> removal Benfield.

A. Pabrik Sodiun Sianida (milik ORICA), di Gladston Queensland, Australia.  
(carryover Benfield di absorber CO<sub>2</sub> removal pada sistem pemurnian gas alam)

Untuk membuat NaCN diperlukan pembuatan HCN terlebih dahulu. HCN didapatkan dari reaksi ammonia, udara, dan gas alam pada katalis platinum. Bahan baku gas alam yang digunakan mengandung pengotor CO<sub>2</sub> yang dapat

mengganggu kualitas produk dan keekonomisan proses, karena itulah gas CO<sub>2</sub> ini dipisahkan terlebih dahulu menggunakan sistem Benfield.

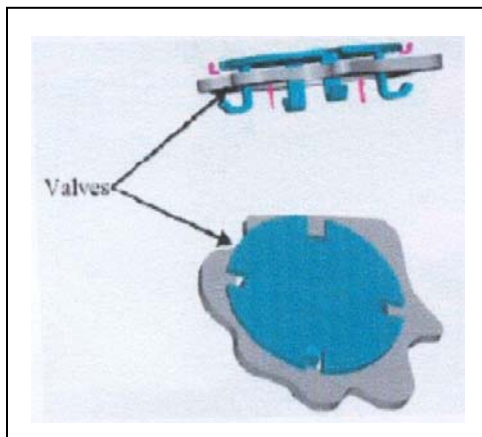
Pada awalnya pabrik ini beroperasi dengan kapasitas 20000 tpa, namun setelah dilakukan revamping kapasitasnya naik menjadi 34000 tpa. Setelah optimalisasi ini, mulailah timbul masalah yaitu terjadi kontaminasi pada katalis platinum sehingga mengurangi service life-nya. Setelah dilakukan analisa pada kontaminan tersebut, diketahuilah secara jelas bahwa penyebabnya adalah carryover Benfield. Disimpulkan bahwa telah terjadi kegagalan pada wash section pada kolom absorber. Kegagalan ini baru terasa setelah kapasitas produksi meningkat sejak revamp, hal ini terjadi karena kecepatan aliran fluida di kolom tersebut menjadi lebih cepat dari sebelumnya sehingga kandungan droplet Benfield yang terbawa dalam aliran gas menjadi lebih banyak.



**Gambar 1.** Flow sheet Benfield CO<sub>2</sub> removal di pabrik NaCN milik ORICA.

Masalah ini dapat ditanggulangi secara sukses dengan cara modifikasi pada wash section (gambar 1). **Modifikasi yang dilakukan adalah penggantian valve tray (gambar 2) yang sudah ada dengan bubble cap tray (gambar 3) dan penambahan demister/mist eliminator.**

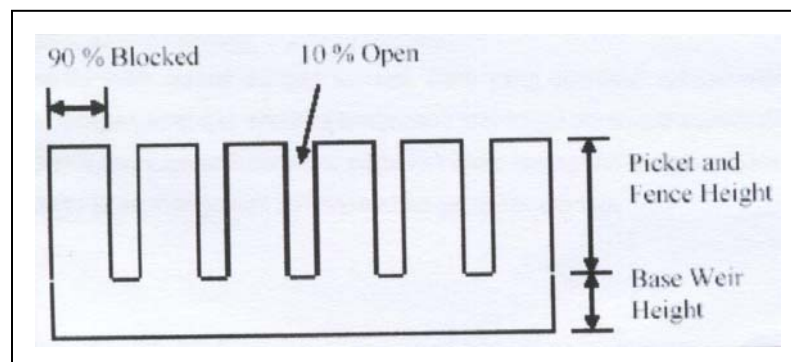
Bubble cap tray terkenal mampu mencuci komponen pengotor dalam gas dengan baik sesuai dengan desain UOP (licensor sistem Benfield). Jumlah bubble cap disesuaikan agar kecepatan alir gas tidak terlalu cepat. Agar kontak antara gas-liquidnya bagus maka dipilihlah bubble cap dengan weir berjenis picket-fences (gambar 4). Tray ini dirancang dengan jumlah cap dan tinggi weir yang cukup memadai. Untuk menyempurnakan wash section ini maka dipasanglah mist eliminator di puncak kolom (gambar 1). Sejak modifikasi ini, tidak pernah dialami permasalahan yang serupa lagi di pabrik ini.



**Gambar 2.** Valve tray.



**Gambar 3.** Bubble cap tray



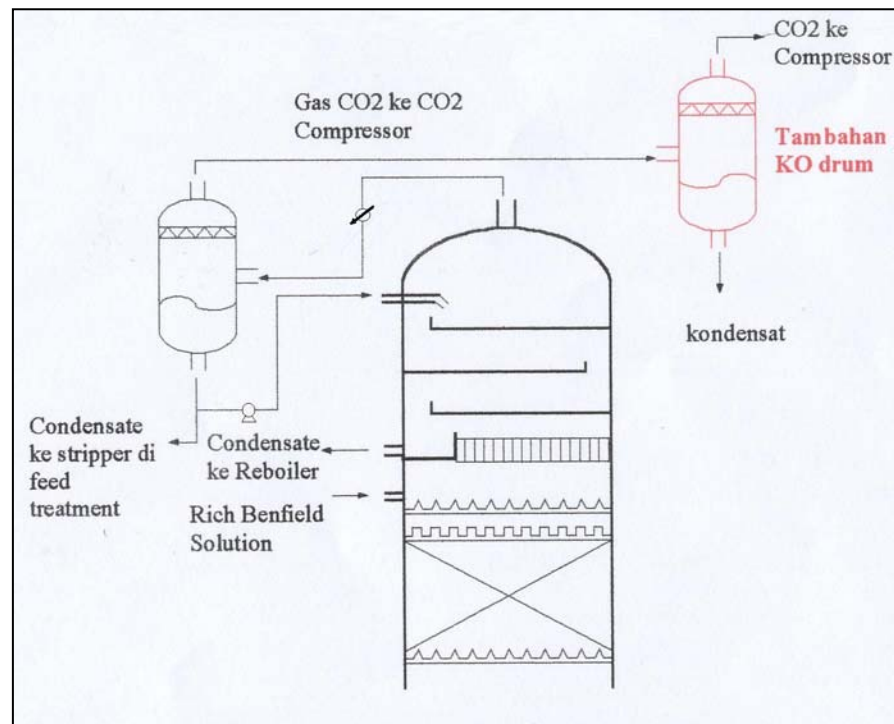
**Gambar 4.** Picket and fences weir.

## B. Pabrik Ammonia-Urea Pusri-3, Palembang Indonesia.

(carryover condensate dari stripper CO2 removal pada pemurnian syngas)

Reaksi di reforming section dan shift conversion section pada pabrik ammonia menghasilkan syngas yang mengandung gas CO<sub>2</sub>. Setelah syngas diproses dalam reaktor shift, maka CO<sub>2</sub>-nya dipisahkan untuk diumpankan ke pabrik urea. Pemisahan CO<sub>2</sub> menggunakan sistem Benfield lisensi dari UOP yang dibangun oleh MW Kellogg. Permasalahan yang terjadi adalah erosi pada internal kompresor CO<sub>2</sub> di pabrik urea sehingga service life dari kompresor ini menurun. Analisa dari kerusakan ini adalah **telah terjadi carryover kondensat dari upstream CO<sub>2</sub> compressor, yaitu dari stripper CO<sub>2</sub>. Namun demikian tidak diternukan adanya deposit Benfield didalam CO<sub>2</sub> compressor.**

Pada washing section dari stripper CO<sub>2</sub> terdiri dari 3 tray berjenis buble cap. Buble cap yang dipakai adalah berbentuk persegi panjang (long buble cap gambar 6). Tekanan kolom kira-kira 0.7 barg.



**Gambar 5.** Stripper CO<sub>2</sub> removal di Pusri-3.

## Deskripsi Proses

CO<sub>2</sub> stripping berlangsung dalam 3 bed packing (rascig ring). CO<sub>2</sub> hasil stripping mengalir naik ke washing section setelah melewati demister. Selanjutnya washing berlangsung dalam 3 tingkatan tray bubble cap di puncak kolom stripper, setelah itu CO<sub>2</sub> keluar dari kolom tanpa melewati demister lagi. Washing liquid yang digunakan adalah kondensat dari Reflux Drum 1103-F. Kondensat ini masuk ke dalam kolom diatas bubble cap tray pertama (**sebanyak 33 m<sup>3</sup>/hr**), selanjutnya kondensat mengalir kebawah menuju downcomer melewati 2 tray di bawahnya (gambar 5). Kondensat kemudian berkumpul di draw off pan setelah melewati tray ke-3, setelah itu kondensat keluar dari kolom menuju reboiler.



**Gambar 6.** Long bubble cap tray.

CO<sub>2</sub> yang mengandung uap air jenuh meninggalkan stripper pada suhu 104 oC kemudian didinginkan di CO<sub>2</sub> cooler 1110-C dengan menggunakan cooling water. Setelah itu CO<sub>2</sub> dan kondensat dialirkan kedalam knock-out-drum 1103-F untuk memisahkan CO<sub>2</sub> dengan kandungan air yang telah mengembun

akibat pendinginan. Di puncak KO drum terdapat demister untuk mencegah carryover condensate yang mengalir bersama aliran gas. Selanjutnya Gas CO<sub>2</sub> dikirim ke CO<sub>2</sub> compressor di pabrik Urea Pusri-3, sedangkan kondensat dari KO drum ini dikirimkan ke puncak stripper sebagai pencuci, sebagian lagi digunakan untuk kebutuhan lain.

Dahulu sistem ini pernah mengalami masalah, yaitu carryover kondensat sehingga mengakibatkan erosi di internal CO<sub>2</sub> compressor pabrik Urea Pusri-3. **Artinya washing section pada stripper bekerja dengan baik, namun sistem pemisahan gas-liquid di Reflux Drum 1103-F kurang sempurna.**

Permasalahan ini telah diatasi dengan sukses. **Cara yang ditempuh adalah membuat satu KO drum tambahan dengan inlet gas yang arahnya tangensial (sehingga alirannya seperti di dalam cyclon, gambar 7) dan juga ada demister pada KO drum tambahan tersebut.** KO drum ini di usulkan oleh Borsig (licensor CO<sub>2</sub> compressor) yang disetujui oleh Toyo (licensor pabrik urea). Semenjak itu CO<sub>2</sub> compressor tidak mengalami permasalahan yang serupa lagi.

### C. Pabrik Ammonia-Urea Pusri-IB, Palembang, Indonesia.

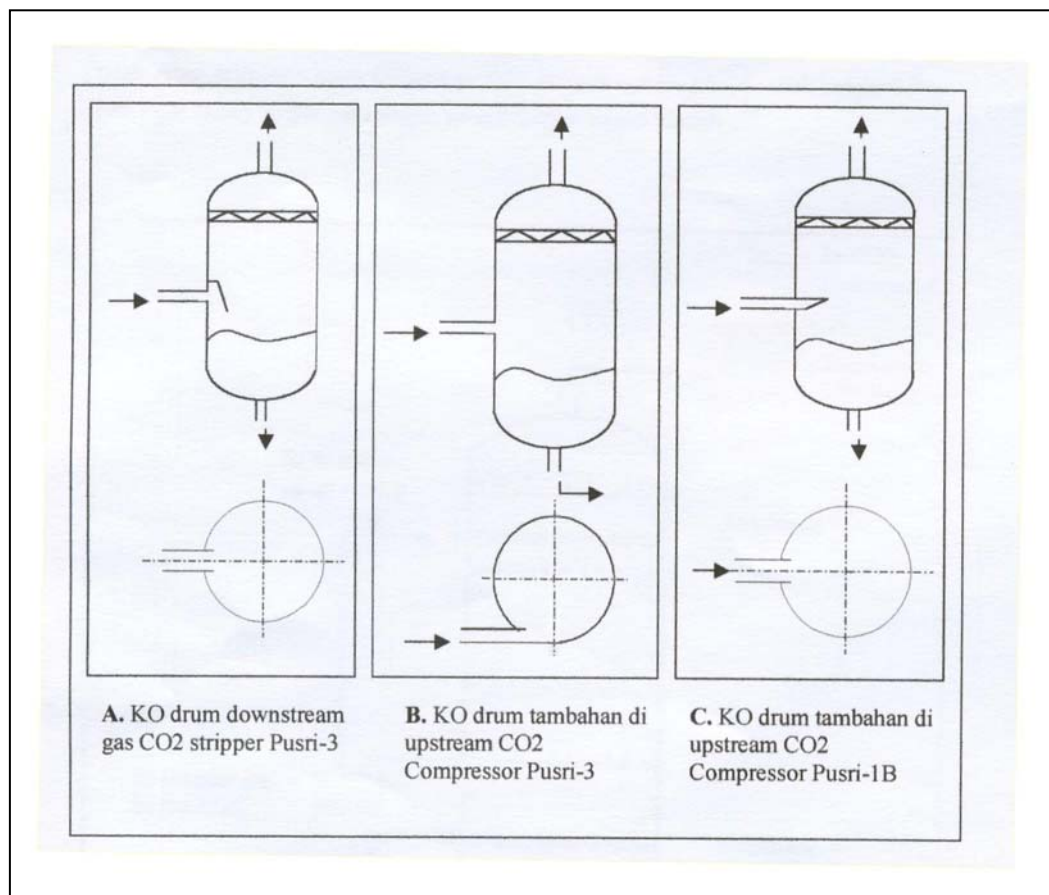
#### (canyover Benfield dari stripper CO<sub>2</sub> removal pada pemurnian syngas)

Syn gas setelah keluar dari LTS dihilangkan kadar CO<sub>2</sub>-nya dengan menggunakan sistem CO<sub>2</sub> removal Benfield lisensi UOP (Pusri-IB dibangun oleh PT Rekayasa). Washing section dari CO<sub>2</sub> stripper terdiri dari 1 bed packing rascig ring dan pada puncak kolom ada demister. Tekanan kolom kira-kira 1,86 kg/cm<sup>2</sup> (flag sheet).

### **Deskripsi Proses**

CO<sub>2</sub> stripping berlangsung dalam 3 bed packing (rascig ring). Gas CO<sub>2</sub> yang jenuh dengan uap air hasil stripping naik ke atas ke direct contact cooler dan sekaligus berfungsi sebagai washing section setelah melewati demister.

Direct contact cooling berlangsung dalam 1 tingkat packad bed di puncak kolom yang atasnya diberi liquid distributor dimana mengalir process condensate yang telah didinginkan. Setelah itu CO<sub>2</sub> keluar dari kolom melewati demister lagi (gambar 8). Washing liquid yang digunakan adalah kondensat dari draw of pan di bawah packed bed pada washing section. Kondensat itu masuk ke dalam kolom melalui liquid distributor dipuncak kolom diatas packing (**sebanyak 341 m<sup>3</sup>/hr, 35 oC**), selanjutnya kondensat mengalir kebawah berkontak dengan gas dan mendinginkannya di dalam packing setinggi 3,65 meter. Kondensat berkumpul di draw of pan setelah melewati packing tersebut, setelah itu kondensat keluar dari kolom. Kondensat yang telah dipakai untuk mencuci/mendinginkan gas ini kemudian dialirkan/disirkulasikan lagi kedalam kolom melalui pompa 1-116-J/JA ke liquid distributor diatas kolom setelah sebelumnya didinginkan terlebih dahulu di 1-192-C dan 1-107-C. Kondensat masuk kedalam kolom pada suhu 35 oC. Sebelum melewati pompa 1-116-J/JA sejumlah kondensat dialirkan ke water treatment dan ke exchangar 1 -111-C untuk menghasilkan steam menuju ejector.



**Gambar 7.** Perbandingan beberapa desain KO drum.

Dari proses diagram diketahui bahwa **condensat yang dialirkan dari liquid distributor di puncak kolom tidak berfungsi sebagai pencuci karena condensat dari liquid distributor ini tidak lebih bersih dari condensat yang telah berkontak dengan gas di packing pada washing section.** Tampaknya fungsinya lebih mengarah pada pendingin gas CO<sub>2</sub> (direct contact cooler).

Sistem ini mengalami masalah pada downstreamnya. Di dalam internal CO<sub>2</sub> compressor terbentuk deposit putih yang diidentifikasi sebagai karbonat kering. Untuk mengatasinya dilakukan pencucian dengan steam pada setiap shift operasi dengan menggunakan steam bertekanan rendah tanpa menghentikan operasi kompresor. Flushing juga dilakukan setiap ada kesempatan CO<sub>2</sub> compressor dimatikan. **Dampak dari adanya deposit, setelah pabrik beroperasi 3 bulan CO<sub>2</sub> compressor kapasitasnya berangsur menurun sehingga pabrik urea harus menurunkan kapasitas produksinya.** Permasalahan serupa juga terjadi di pabrik ammonia-urea Petrokimia Gresik yang desainnya serupa dengan Pusri-1B.

Beberapa tahun yang lalu dilakukan modifikasi dengan penambahan KO drum di downstream stripper di area pabrik ammonia (gambar 7) namun hal ini tidak berhasil memecahkan masalah. Desain KO drum yang dipakai adalah meniru KO drum suction compressor CO<sub>2</sub> yang dibuat oleh Toyo Eng (FA-111).

Pada TA Pebruari 2003 dilakukan modifikasi pada liquid distributor larutan rich Benfield pada puncak stripping section, dibawah demister. Modifikasi dilakukan dengan cara penggantian spray konsentris menjadi spray persegi 6 (Norton gallery), lihat gambar 9 dan gambar 10. Hasilnya dilaporkan telah terjadi pengurangan kadar potassium dalam condensat yang di drain dari KO drum. Sebelum penggunaan Norton gallery rata-rata kandungan ion potassium dalam condensat di FA-111 adalah 89.8 ppm, setelah pemasangan norton gallery menjadi 27.31 ppm (tabel 1). Tampaknya modifikasi ini ditujukan untuk meminimalisir terjadinya percikan rich Benfield pada bagian tengah chimney sehingga diharapkan **carryover Benfield ke washing section menjadi**

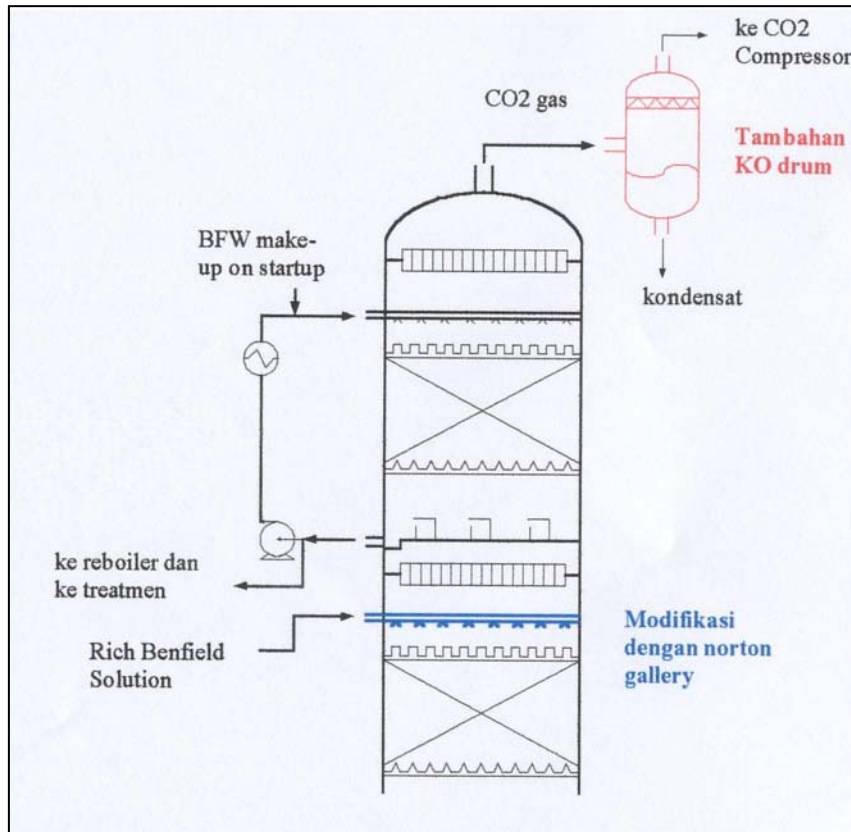


berkurang, namun belum bisa menghilangkan carryover secara total. Apabila terjadi carryover larutan benfield secara kontinyu ke packing bed direct contact cooler/washing section, karena kondensatnya disirkulasikan pompa 1-116-J/JA maka kadar potassium karbonat akan naik sampai mencapai kesetimbangannya antara larutan benfield yang tercarryover dan larutan benfield yang keluar dari sistem melalui kondensat ke water treatment dan 1-111-C.

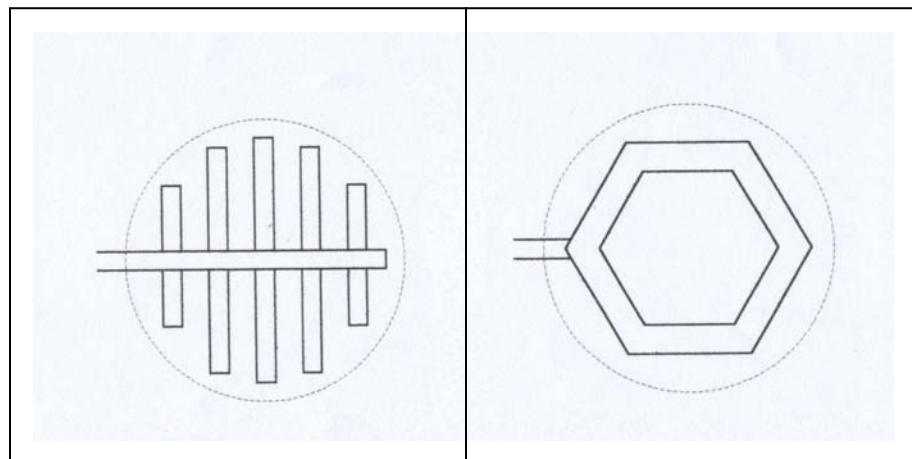
Salah satu batasan yang mempengaruhi pemilihan proses untuk menghilangkan larutan Benfield dalam kondensat yang terbawa CO<sub>2</sub> dari top CO<sub>2</sub> stripper adalah batasan tekanan minimum dari suction compressor CO<sub>2</sub> yang tidak boleh terlalu rendah. Hal ini membuat semua modifikasi di upstream CO<sub>2</sub> compressor (yang bisa menaikkan pressure drop, sehingga mengurangi suction pressure CO<sub>2</sub> compressor) dapat mengurangi kinerja dari kompressor ini.

**Tabel 1.** Perbandingan kandungan potassium dalam kondensat di KO drum di downstream kolom stripper

Sebelum Norton Gallery		Sesudah Norton Gallery	
Tanggal	ppm K+	Tanggal	ppm K+
18/8/2003	113.20	7/7/2003	15.90
19/8	72.40	8/7	7.40
20/8	60.00	9/7	26.60
21/8	117.00	10/7	32.80
23/8	86.00	11/7	23.40
24/8	70.40	19/7	41.40
25/8	26.00	21/7	38.70
26/8	98.70	28/7	20.50
27/8	138.30	30/7	37.70
29/8	116.30	4/8	29.40
max	138.30	8/8	22.00
min	26.00	11/8	31.90
avg	89.83	max	41.40
		min	7.40
		avg	27.31



**Gambar 8.** Stripper CO2 removal di Pusri-1B.



**Gambar 9.** Liquid distributor spray original Pusri-1B

**Gambar 10.** Liquid distributor desain baru norton gallery Pusri-1B

## **KESIMPULAN**

1. Washing column di top stripper CO<sub>2</sub> Pusri-3 dengan perlengkapan 3 tray bubble cap terbukti efektif untuk mencuci larutan benfield yang tercarryover bersama gas CO<sub>2</sub>

Tidak ada laporan gangguan proses yang disebabkan adanya kandungan larutan benfield dalam kondensat

2. Pemisahan kondensat di reflux drum 1103-F kurang sempurna sehingga diperlukan tambahan KO drum di pabrik urea Pusri-3 menangkap sisa kondensat dan berhasil baik.

3. Direct contact cooler yang disatukan dengan washing column dalam top stripper CO<sub>2</sub> pusri-1B dengan perlengkapan packing setinggi 3.65 meter dan demister pada gas CO<sub>2</sub> yang masuk packing bed maupun yang keluar packing bed terbukti tidak efektif untuk washing gas CO<sub>2</sub>, hanya efektif sebagai pendingin gas CO<sub>2</sub>.

Liquid distributor dengan model Norton gallery berhasil untuk mengurangi carryover larutan Benfield ke washing column tapi masih belum memuaskan. Kadar K<sup>+</sup> dalam kondensat sudah +- 30% dari kadar sebelum Norton gallery dipasang

4. Untuk modifikasi di suction KO drum FA-111 harus memperhatikan tambahan pressure drop dan dampaknya terhadap tekanan suction tingkat-1 centrifugal compressor CO<sub>2</sub> di urea plant.
5. Pada saat ini dengan dilakukan flushing LP steam pada kompresor CO<sub>2</sub> sambil beroperasi setiap shift, berhasil untuk menjaga kapasitas produksi urea plant 100%.

## **SARAN**

Dalam menyarankan modifikasi dipertimbangkan juga kemudahan pekerjaan dan dampak biayanya, urut-urutannya sebagai berikut:

1. Modifikasi KO drum FA-111 di pabrik urea.
  - a. Inlet nozzle dirubah menjadi tangensial terhadap KO drum (gambar 7B)
  - b. Inlet nozzle diberi deflector yang mengarahkan aliran gas CO<sub>2</sub> ke dasar dari KO drum. (standar desain MW Kellog gambar 7A)
2. Mengganti demister yang diatas liquid distributor (Norton gallery) dengan demister yang lebih efektif.
3. Untuk menurunkan kadar larutan Benfield dalam kondensat pendingin yang disirkulasikan pompa 1-116 J/JA agar dilakukan make-up kontinyu dengan proses kondensat dari separator 1-102 F.
4. Memasang spray scrubber pada CO<sub>2</sub> line inlet urea plant dipasang upstream KO drum FA-111. Pressure drop harus rendah, dilengkapi dengan sistem pompa sirkulasi.

EM/MN

## LAMPIRAN

Beberapa hal yang dapat dijadikan pedoman pada rancangan wash section di sistem pemurnian gas adalah sebagai berikut:

1. Untuk membersihkan aliran gas dari partikel/komponen pengotor biasa dilakukan dengan cara scrubbing, fungsinya adalah memindahkan partikel/komponen pengotor dari aliran gas ke aliran liquid (scrubbing media). Beberapa tipe scrubbing yang banyak dikenal dengan sistem kontak liquid-gas antara lain:
  - Spray scrubber
  - Tray tower
  - Packed bed tower
  - Venturi scrubber
2. Untuk memisahkan droplet liquid dari aliran gas dapat dilakukan dengan peralatan seperti:
  - spray scrubber
  - Tray tower
  - Packed bed tower
  - Ventury scrubber
3. Pada KO drum desain original Kellogg (gambar 7a) mengarahkan gas masuk ke bawah menuju liquid surface, sehingga droplet pada gas tersebut tidak banyak yang terbawa keatas bersama gas. Namun dengan demikian, setiap terjadi gejolak pada aliran gas masuk akan membuat liquid surface bergelombang. Hal ini dapat mengganggu kerja liquid level indicator.

4. Pada KO drum desain Toyo (gambar 7c) mengarahkan gas masuk tegak lurus secara horisontal sehingga tidak akan mengganggu kerja liquid level indicator. Namun demikian resiko terbawanya droplet liquid ke atas bersama gas menjadi lebih besar.
5. Pada KO drum desain Borsig (gambar 7b) mengarahkan gas masuk secara tangensial sehingga gas akan berputar didalam drum seperti gerakan didalam cyclon. Cara ini tidak mengganggu kerja liquid level indicator, sedangkan resiko terbawanya droplet keatas bersama aliran gas juga kecil.
6. Pada sistem Benfield biasanya terdapat wash tray pada puncak kolom. Untuk mengeliminasi efek negatif dari droplet liquid yang terbawa dalam aliran gas sebaiknya digunakan kondensat bersih sebagai liquid pencuci. Dengan demikian jika seandainya-pun ada entrainment maka hanya kondensat bersih yang akan ter-entrain sehingga tidak terlalu bermasalah.
7. Jika wash section berupa wash tray, maka sebaiknya bertipe buble cap dengan desain kecepatan liquid melewati tray sangat rendah, sekitar kurang dari 1,5 m<sup>3</sup>/h.m panjang dari exit weir. Hindari penggunaan sieve tray dan valve tray. Exit weir pada buble cap sebaiknya bertipe picket fences untuk kecepatan aliran liquid melewati tray kurang dari 10 m<sup>3</sup>/h.m panjang dari exit weir. Rancangan lebih baik secara teknis jika ada sebanyak mungkin caps untuk menghasilkan laju fluida yang rendah.
8. Penggunaan packed bed dari raschig ring belum terbukti mampu mencuci gas dari droplet Benfield pada puncak CO<sub>2</sub> stripper dengan baik.
9. Setelah dilakukan scrubbing maka biasanya aliran gas dibersihkan lagi dengan mist eliminator, yaitu berupa peralatan mekanis (biasanya berupa wire mesh, dan vane packs). Scrubbing lebih efisien ketimbang

pemisahan dengan peralatan mekanis. Komponen pengotor yang terdapat pada aliran gas dalam bentuk uap (karena tekanan uapnya) tidak dapat di pisahkan dengan alat pemisahan mekanis, selain itu banyak droplet yang ukurannya kurang dari 10 micron yang masih lewat bersama aliran gas. Oleh karena itu mist eliminator ini digunakan setelah gas benar-benar bersih dari komponen pengotor. Fungsinya hanyalah untuk membersihkan gas dari droplet kondensat (yang ukurannya cukup besar, berbentuk mist).