

RANCANGBANGUN SISTEM DETEKSI FOAM COKE MENGUNAKAN METODA BACKSCATTER NEUTRON

Rony Djokorayono

Pusat Rekayasa dan Perangkat Nuklir – Badan Tenaga Nuklir Nasional
Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang 15314

ABSTRAK

Sistem deteksi foam coke menggunakan metoda backscatter neutron telah dikonstruksi dan telah diaplikasikan pada kilang coker UP II Pertamina Dumai. Pengukuran konsentrasi foam coke sangat diperlukan untuk menjaga agar foam coke tidak terbawa keluar chamber pada saat proses berlangsung. Jika terbawa keluar chamber dapat mengakibatkan terjadinya penyumbatan pada pipa-pipa di unit hydrocoker lain. Pada saat konsentrasi foam coke mencapai nilai tertentu diperlukan injeksi anti foam coke sehingga konsentrasi foam coke pada chamber akan terkendali. Untuk mendeteksi foam coke pada chamber bertekanan 25 bar dan bertemperatur 500 derajat celsius digunakan metoda backscatter neutron. Konsentrasi foam coke yang terdapat didalam chamber mempunyai hubungan linier dengan konsentrasi hydrogen sedangkan intensitas backscatter neutron proporsional dengan jumlah kandungan hydrogen yang terdapat didalam material foam coke. Sistem ini tersusun dari detektor BF3, penguat awal elektronik, processor pengolah signal dengan standard keluaran 4-20 mA.

ABSTRACT

A foam coke detection system has been constructed using backscatter neutron method and has been implemented in oil refinery UP II Pertamina Dumai. Foam coke concentration measurement is necessary to control the concentration of the foam coke so that there will be no foam coke out of the chamber during processing. For every concentration coke above a setpoint value the injection of anti foam coke will control its level of concentration. For measuring foam coke a chamber having pressure 25 bar and temperature 500 °C was performed using backscatter neutron method. Foam coke concentration will be proportional to hydrogen gas concentration in the coke chamber and intensity of backscatter neutron will be proportional to hydrogen gas concentration in material foam coke. This system consists of detector BF3, electronic operational amplifier, processor processing signal using 4-20mA standard.

PENDAHULUAN

Pengukuran konsentrasi hidrogen pada senyawa hidrokarbon di dalam chamber bertekanan tinggi dan bertemperatur tinggi sangat sulit dilakukan secara konvensional. Konsentrasi hidrogen yang terikat pada senyawa hidrokarbon didalam chamber *delay cooking unit*

membenakan informasi fasa gas, fasa cair dan padatan. Chamber berisi bahan baku crude oil yang merupakan rantai hidrokarbon, dipanaskan pada temperatur 500 derajat celsius dengan perioda waktu tertentu sehingga menghasilkan senyawa molekul berantai panjang seperti *fuel gas*, *light gas oil*, *heavy gas oil* (nafta) dan Coke. Fasa gas yang terdapat didalam

chamber dialirkan melalui top chamber ke unit hydrocaker lain untuk diolah menjadi premium, aftur, dan lain lain. Partikel padatan dan foam coke harus dicegah agar tidak mengalir ke unit lain, sehingga tidak menyumbat aliran gas didalam pipa pipa proses di unit hydrocaker lainnya, jika penyumbatan terjadi maka akan memecahkan pipa pipa tersebut, dalam istilah proses kilang coker disebut *foam coke carry over*.

Untuk mencegah *foam coke carry over* akan diinjeksikan pada top chamber cairan kimia anti foam coke bertekanan tinggi. Waktu yang tepat secara ekonomis kapan saatnya injeksi anti foam coke tersebut dilakukan tergantung dari informasi sistem deteksi konsentrasi foam coke yang ditempatkan pada dinding chamber coker yang mempunyai tebal dinding sekitar 15 cm dengan bahan carbon steel. Metoda backscatter neutron sangat tepat digunakan untuk mengukur konsentrasi foam coke karena cukup ditempel pada dinding luar chamber tanpa melubangi dinding chamber sehingga tidak mengganggu proses dan memudahkan dalam instalasinya.

Analisa kualitatif hasil pengukuran dibagi dalam empat kriteria pengukuran yang tergantung dari konsentrasi hidrogen dengan satuan %, dimana kriteria tersebut adalah 0% sampai 20 % adalah fasa gas, 20% sampai 60% adalah fasa foam coke, 60% sampai 85% adalah fasa coke padat dan 85% sampai 100% adalah fasa air (water) Sebagai referensi.

Kalibrasi dalam pengukuran konsentrasi gas hidrogen digunakan air yang dimasukan kedalam chamber dan pada saat air mencapai level maksimum sistem deteksi harus menunjukkan konsentrasi gas hidrogen 100% dan sample berikutnya adalah mengosongkan chamber sehingga berisi udara atau gas sisa, pada saat chamber kosong sistem deteksi hidrogen harus menunjukkan konsentrasi 0% sampai 5%.

TEORI PENGUKURAN KONSENTRASI FOAM COKE

Teknik pengukuran konsentrasi Foam Coke menggunakan metoda backscatter neutron dan detektor yang ditempti pada dinding chamber, teknik ini sangat sederhana tidak perlu merusak dinding chamber dan sehingga tidak mengganggu proses.

Kepakaan pengukuran konsentrasi foam coke akan tergantung dari aktivitas sumber neutron serta detektor yang digunakan. Dalam hal ini menggunakan sumber neutron AmBe 241 dan detektor BF3. Sumber radioaktif neutron disheilding dan pancarannya dikolimasi sehingga tidak mengganggu lingkungan, dan diarahkan ke material didalam chamber dimana pancaran tersebut merupakan pancaran radiasi partikel neutron cepat dengan energi beberapa Mev, partikel tersebut berinteraksi dengan unsur hidrogen dan carbon yang terdapat didalam chamber serta mempunyai cross section antara 1.0 sampai 20.0 b. Hasil dari interaksi akan menghasilkan hamburan balik neutron thermal dengan pancaran radiasi berenergi sekitar 0.01 Mev dan hamburan balik ini dideteksi oleh detektor BF3 untuk dikonversi ke besaran signal listrik. Besarnya signal listrik yang keluar dari detektor akan sebanding dengan intensitas neutron thermal dan konsentrasi hidrogen dan Carbon yang diterima detektor.

Intensitas hamburan balik yang diterima detektor akan memenuhi persamaan :

$$\ln [I/I_0] = -t [N_H \lambda_H + N_C \lambda_C] \quad (1)$$

sehingga Jumlah hidrogen dan carbon yang terdapat didalam senyawa hidrokarbon (foam coke) didalam chamber memenuhi persamaan :

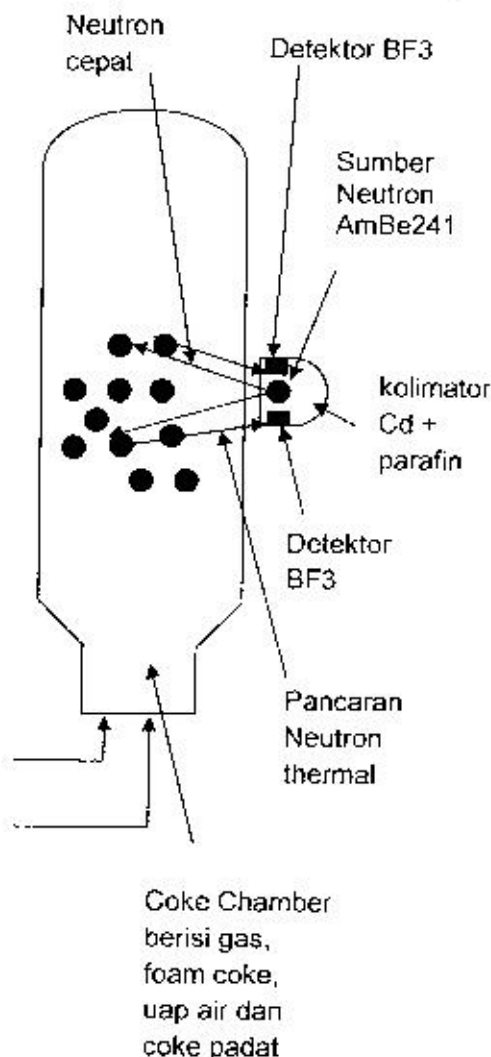
$$[N_H \lambda_H + N_C \lambda_C] = -(\ln [I/I_0])/t \quad (2)$$

$$(N_H, N_C) = \text{fungsi}(I/I_0) \quad (3)$$

Dimana :

- I = Intensitas hamburan balik neutron thermal yang diterima defektor setelah berinteraksi dengan senyawa hidrokarbon didalam chamber
- I_0 = Intensitas hamburan balik neutron thermal awal sebelum berinteraksi dengan senyawa hidrokarbon didalam chamber (konstanta)
- N_H = Jumlah hidrogen yang terdapat didalam senyawa hidrokarbon per

- N_C = Jumlah karbon yang terdapat didalam senyawa hidrokarbon per cm^3
- λ_H = Konstanta hidrogen cross section
- λ_C = Konstanta karbon cross section
- t = Tebal material senyawa hidrokarbon didalam chamber yang tercakup jangkauan aktivitas sumber neutron cepat.
- N_0 = Bilangan avogadro
- λ = Densitas senyawa hidrokarbon
- W_H = Berat fraksi hidrogen didalam senyawa hidrokarbon
- W_C = Berat fraksi karbon didalam senyawa hidrokarbon
- A_H = Berat atom hidrogen
- A_C = Berat atom karbon



Gambar 1. Teknik pengukuran konsentrasi foam coke didalam chamber

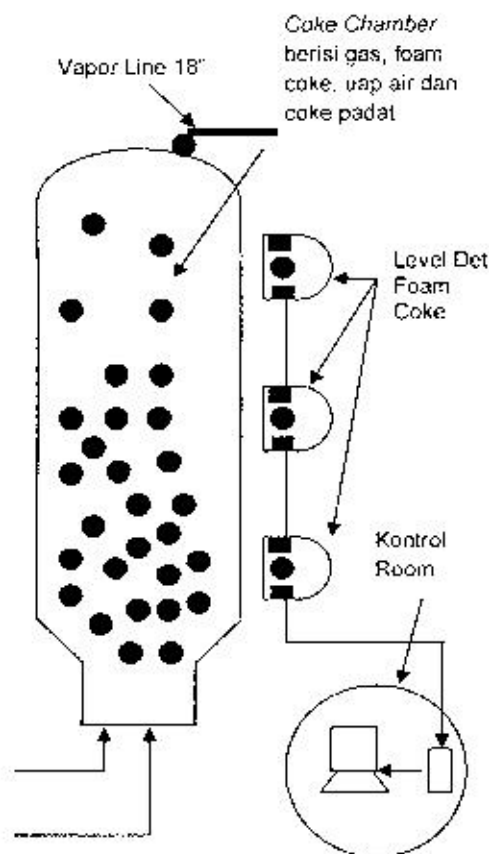
MENGENAL SISTEM PROSES KILANG COKER

Sistem proses kilang coker dikenal sebagai *Delay Coking Unit* yang merupakan jenis kilang yang ada di Indonesia, berfungsi mengolah short residu menjadi fraksi fraksi minyak yang lebih ringan dengan cara reaksi *thermal* (perengkahan *thermal*).

Prinsip reaksi menggunakan *thermal cracking* yaitu perengkahan hidrokarbon berat menjadi hidrokarbon rantai pendek pada temperatur tinggi ($500^{\circ}C$). kemudian akibat dari suhu tinggi terjadi reaksi polimerisasi membentuk padatan kokas (coke). Produk yang dihasilkan oleh *Delay Coking Unit* adalah gas (sebagai *refinery fuel gas*), gas LPG (sebagai produk), cracked naphtha (sebagai umpan *Naphtha Hydrotreater*), HCGO (sebagai umpan destilasi hydrotreater unit), dan green coke (dahulu sebagai umpan unit *calciner* tetapi sekarang sebagai produk). Reaksi polimerisasi dan kondensasi yang muncul pada kondisi perengkahan *thermal* (*thermal cracking*) dapat berlangsung dalam beberapa cara diantaranya akan membentuk *tar* aromatik, coke dan

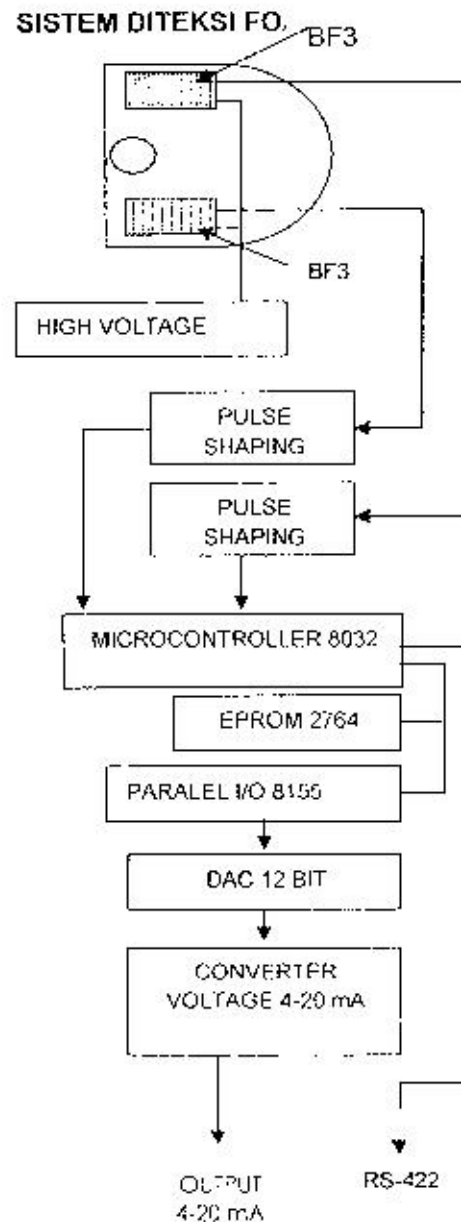
bitumen dimana bitumen merupakan rantai polimer yang terahir.

Dalam proses perengkahan molekul molekul menjadi sangat besar dengan ikatan silang, dengan tidak adanya unsur hidrogen maka akan menurunkan kelarutannya didalam hidrokarbon, dalam hal ini coke mempunyai rasio hidrogen terhadap carbon kira kira 1:1. Unit DCU kilang Dumai mempunyai empat buah Coke Chamber yaitu chamber 140 VI A/B, 140 VI C/D, setiap chamber dipakai pada siklus proses 48 jam dimana tiap chamber melakukan proses selama 12 jam dan terdapat dua chamber yang secara simultan bekerja (*Coking*) sementara pasangan yang lain *decoked* dan dipersiapkan untuk operasi kembali. Blok Sistem *Delayed Coking Unit (DCU)* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2.
 Blok Sistem Delayed Coking Unit (DCU)

Setiap chamber memiliki tiga level detektor radioaktif foam coke dan empat thermocouple, setiap level detektor foam coke dihubungkan ke sistem data akuisisi yang berada di Ruang kendali berjarak sekitar 1500 m, sehingga kondisi masing masing level termonitor pada layar komputer dan *continuous plotter*.



Gambar 3.
 Blok sistem deteksi Foam Coke

Masing masing chamber diinjeksi *Crude Oil* dan *High Pressure Steam* melalui saluran inlet dibawah chamber dan pada saat coking, material yang akan terbentuk adalah *Coke* dan terdapat pada lapisan bawah chamber sedangkan yang tidak membentuk *Coke* akan meninggalkan puncak chamber melalui *Vapor line* 18" dan masuk ke unit fraksinasi 140 V2, disatukan *stream line* 3" dan *gas supply* pompa sirkulasi HCGO yang digunakan sebagai *quench* untuk mencegah kemungkinan penyumbatan pada pipa (*line*). Rancang bangun sistem deteksi foam coke menggunakan detektor neutron thermal jenis BF3 dan sumber radiasi neutron AmBe241, dengan blok sistem sseperti gambar 3.

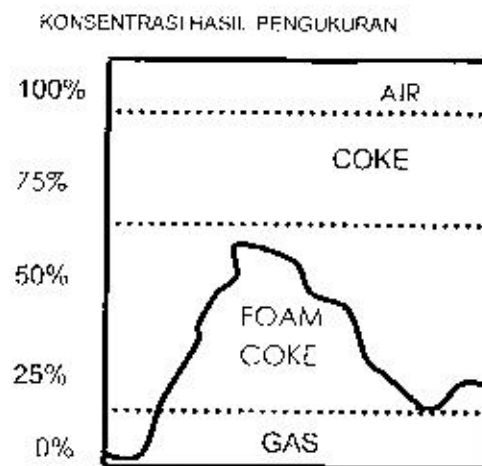
PRINSIP KERJA

Sumber radiasi Neutron AmBe memancarkan neutron cepat ke dalam chamber setelah berinteraksi dengan material didalam chamber yang berisi senyawa hidrokarbon dan berinteraksi dengan unsur hidrogen, karbon akan menghasilkan hamburan balik menghasilkan pancaran neutron thermal dan dideteksi oleh dua buah detektor BF3 sebagai informasi yang berkaitan dengan konsentrasi foam coke didalam chamber, makin besar intensitas neutron termal yang diterima detektor BF3 maka makin tinggi kandungan unsur H dan C didalam Chamber. Oleh detektor BF3 intensitas partikel neutron termal dikonversi menjadi pulsa pulsa listrik, semakin banyak intensitas partikel neutron termal yang diterima detektor maka makin banyak pulsa listrik yang dihasilkan. Pulsa pulsa listrik yang keluar dari detektor BF3 dikuatkan oleh Preamplifier inverter, comparator smithtrigger menjadi besaran pulsa kotak dalam orde 5 Volt yang berada didalam modul pulse shaping, kemudian dicacah oleh modul processor pencacah 2 x 16 bit dan hasil pencacahan dirata rata kemudian dikonversi ke besaran analog melalui modul DAC 12 bit dan ditransmisikan ke sistem komunikasi

serial RS422 dan komunikasi analog arus mA setelah melalui konversi tegangan ke arus 4-20 mA. Digunakannya sumber radiasi neutron cepat jenis AmBe241 500 mCi, karena sumber ini banyak dipasaran dan umur paruhnya 400 tahun.

PERCOBAAN

Percobaan pengukuran foam coke disesuaikan dengan jadwal kerja kilang unit *coke chamber*. Kalibrasi awal berpedoman pada saat chamber diisi air sampai penuh, dan pada saat tersebut hasil pengukuran menunjukkan nilai 20 mA dan terbaca pada kurva trend komputer proses menunjukkan nilai 100%. Jika belum sesuai maka dilakukan pengaturan span dan zero pada unit detektor hingga sesuai. Kemudian dilanjutkan dengan pengosongan chamber, setelah dipastikan isi chamber kosong, setelah kosong maka keluaran sistem deteksi diatur agar menunjukkan nilai 4 mA dengan mengatur zero petensiometer pada unit detektor dan pada komputer proses harus menunjukkan konsentrasi 0%.



Gambar 4. Tampilan hasil pengukuran detektor foam coke

Proses percobaan selanjutnya mengikuti siklus kerja kilang pada unit *chamber* yang dimulai pada jam 09.00 pagi tanggal 16-10-1998 waktu Dumai. Setelah *Cooking* selama 16 jam, detektor paling atas memberikan signal adanya foam coke pada tampilan komputer proses dengan nilai konsentrasi berfluktuasi antara 10% sampai 60%, kejadian tersebut muncul pada jam 02.00 pagi hari berikutnya yaitu tanggal 17-10-1998, dan pada saat itu injeksi anti foam bekerja untuk menurunkan agar konsentrasi pengukuran kembali dibawah 30% dan injeksi anti foam coke akan berlangsung hingga proses *cooking* berhenti yaitu pada jam 09.59 tanggal 17-10-98. Kegiatan berikutnya dilakukan proses *switching* yaitu memindahkan *Supply Uap* ke unit *chamber* lain (ada empat unit coke *chamber* A,B,C,D) dan coke *chamber* yang sebelumnya didinginkan secara natural, setelah dingin kemudian dilakukan proses *water filling* dan *decoking* menggunakan mesin bor vertikal dan kegiatan selesai jam 18.00 tanggal 17-10-1998. Dengan sistem ini sangat membantu dalam hal ketepatan melakukan injeksi anti foam sehingga akan mengurangi bahan kimia anti foam yang digunakan pada proses *cooking*.

PEMBAHASAN

Pada gambar 4. terlihat grafik *trend* hasil pengukuran konsentrasi *foam coke* (unsur H,C), terlihat bahwa besarnya probabilitas partikel neutron *thermal* yang diterima detektor sebanding dengan konsentrasi material didalam *coke*

chamber, bentuk tampilan tidak *smooth* tetapi begejolak sesuai kondisi *chamber*, karena pada saat *cooking* temperatur 500 °C agar tampilan lebih *smooth* diperlukan proses filtering rata rata tetapi untuk menampilkan grafik trend akan lebih lambat beberapa milidetik.

Kesulitan yang ada saat melakukan percobaan diantaranya memerlukan waktu yang lama untuk percobaan karena siklus kerja *chamber* 48 jam dan lokasi detektor sangat jauh sekitar 1500m dari kontrol *room* dengan ketinggian 90 m dari permukaan tanah, sehingga menyulitkan bila sewaktu waktu memerlukan pengaturan zero dan span di lokasi sistem deteksi.

KESIMPULAN

Sistem pengukur foam coke dengan metoda backscatter neutron sangat membantu untuk menentukan ketepatan waktu injeksi cairan kimia anti *foam coke* yang mahal harganya khususnya bila digunakan pada proses yang menggunakan temperatur tinggi dan tekanan tinggi. Disamping itu sistem ini sekaligus dapat digunakan untuk melihat fasa material didalam *chamber* tanpa kontak langsung dengan material yang ada didalam *chamber* kilang *coker*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] IAEA (International Atomic Energy Agency) 1965, Radiisotope Instruments in Industry and Geophysic, Viena.
- [2] PERTAMINA 1992, Operating Manual Delayed Coking Unit 140, Dumai Hydrocracking Complex. Dumai Riau.