

ANALISA PEMAKAIAN ENERGI PABRIK AMONIA

Siswentyasmoyo¹⁾, Aryadi Suwono¹⁾

RINGKASAN.

Tulisan ini mengetengahkan hasil penelitian tentang pemakaian energi dari salah satu pabrik amonia yang ada di Indonesia. Cara penyajian dan metoda analisa yang diterapkan, diharapkan dapat digunakan sebagai landasan untuk tujuan manajemen energi di dalam pabrik.

1. PENDAHULUAN

Akibat peningkatan teknologi di akhir abad dua puluh ini, pola pemakaian energi di dalam negeri menunjukkan peningkatan sangat pesat. Terutama konsumsi minyak dan gas alam. Hal ini mudah untuk dapat dipahami karena memang komoditi-komoditi tersebut sangat dibutuhkan untuk menunjang laju pembangunan nasional. Indikasi ini disatu pihak, merupakan hal yang mengembirakan karena menunjukkan bahwa program pembangunan kita berhasil, akan tetapi tanpa diinginkan, dilain pihak hal tersebut juga menimbulkan masalah. Karena seperti kita ketahui bersama bahwa komoditi-komoditi energi tersebut pada hakekatnya sampai saat ini masih merupakan sumber devisa negara yang terpenting, yang juga dibutuhkan untuk membiayai pembangunan.

Masalah tersebut hanya dapat diatasi melalui manajemen energi yang tepat dan terpadu, baik pada tingkat nasional maupun pada tingkat sektoral. Kebijakan energi nasional dengan empat jalurnya yaitu identifikasi konservasi dan diversifikasi energi adalah langkah-langkah yang sedang ditempuh dalam rangka manajemen energi pada tingkat nasional. Implementasi di tiap sektor perlu segera dilaksanakan untuk dapat menunjang kebijaksanaan tersebut.

Kapasitas terpasang industri amonia di Indonesia saat ini mencapai 1,7 juta ton per tahun, dengan selesainya pembangunan PT. Pupuk Kaltim II dan PT. Pupuk Iskandar Muda pada tahun-tahun mendatang, maka produksi amonia dapat mencapai 2,5 juta ton per tahun. Dengan laju produksi sejumlah tersebut maka konsumsi gas alam untuk industri amonia akan mencapai kira-kira 3024310^6 M kal untuk tiap tahunnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa industri amonia menempati urutan pertama sebagai industri kimia dasar yang menggunakan gas alam sebagai bahan baku produk maupun bahan bakar. Oleh karena itu tanpa didukung oleh usaha optimasi pemakaian energi disemua

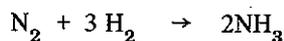
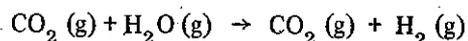
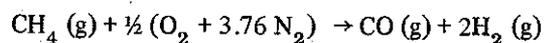
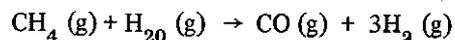
sektor, masalah seperti yang telah dikemukakan terdahulu akan semakin terasa.

Salah satu aspek yang cukup penting dan bermanfaat sebagai landasan dalam management energi, maka untuk penulisan selanjutnya akan diketengahkan hasil penelitian tentang karakteristik pemakaian energi dari salah satu pabrik amonia yang ada di Indonesia. Pengantar simulasi juga akan dibahas, sebagai penunjang gagasan bila andalan pabrik amonia diinginkan laju produksi sampai 136% dari kapasitas perencanaan.

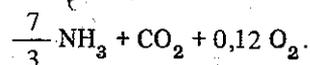
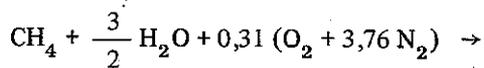
2. PROSES PRODUKSI AMONIA

Proses pembuatan amonia pada dasarnya adalah reaksi sintesa antara nitrogen (N_2) dengan hidrogen (H_2). Nitrogen yang digunakan diambil dari udara dengan jalan memasukkan kedalam secondary reformer, sedangkan hidrogen diambil dari gas alam. Hidrogen yang diperlukan dalam reaksi sintesa merupakan hasil reaksi reforming dan reaksi geser yang berlangsung di dalam primary, secondary Reformer dan Shift Converter.

Tahapan untuk memproduksi amonia berdasarkan reaksi dengan urutan sbb. :



atau secara keseluruhan dapat dituliskan :



(Panas reaksi pada $25^\circ C$: $-920 \text{ Kcal/Nm}^3 \text{ CH}_4$)

Dapat dilihat bahwa bila proses yang terjadi dapat berlangsung secara reversiber maka sebenarnya untuk memproduksi 1 ton amonia hanya di-

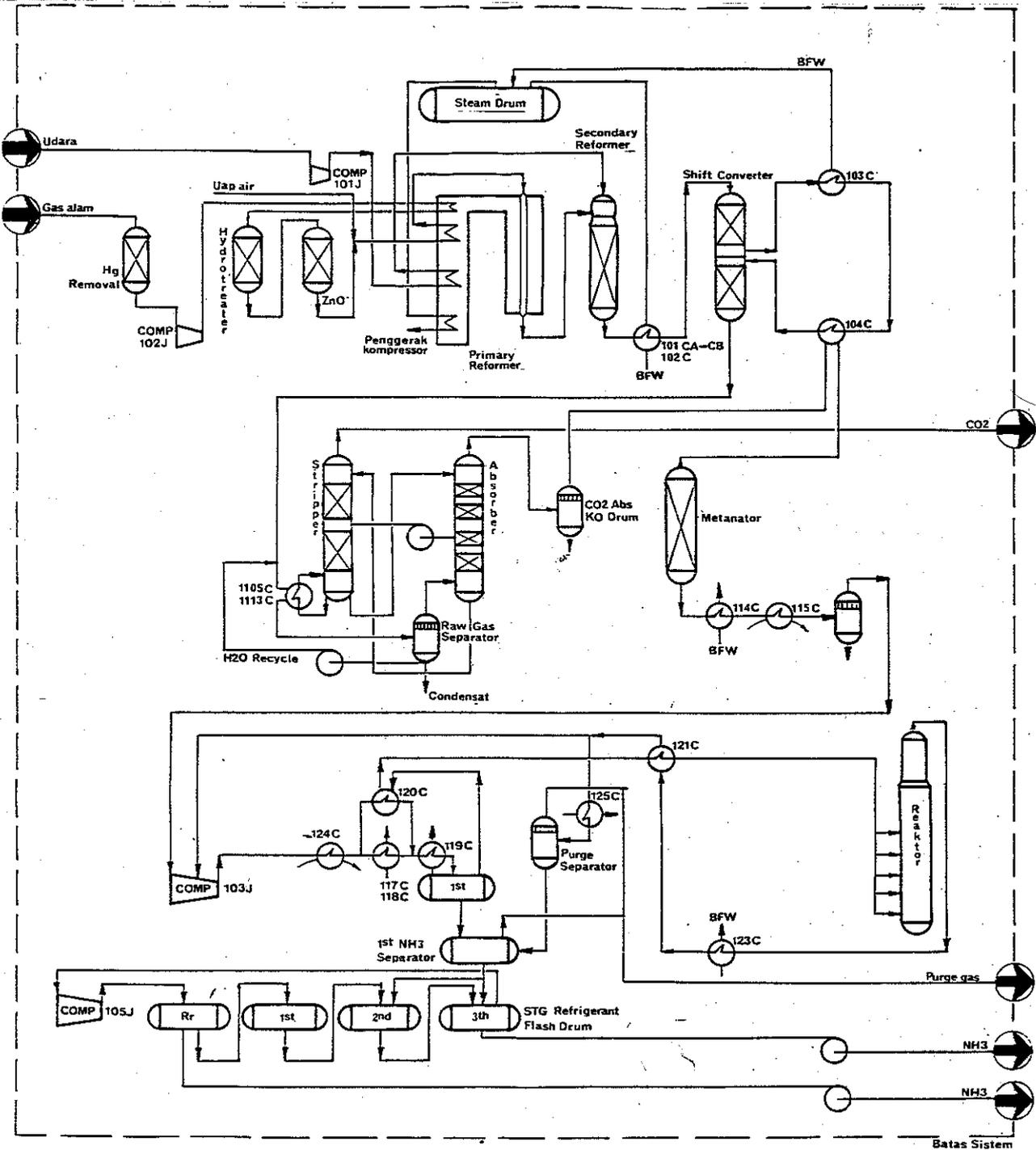
1) Lab. Kriogenik, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara Jurusan Mesin ITB.

butuhkan gas metan sebesar 4,45 juta kcal. Tetapi sampai saat ini untuk memproduksi amonia dengan menggunakan proses kellog masih membutuhkan energi sebesar 8,5 juta kcae/ton amonia.

Pada permulaan angka diatas tidak banyak mengandung arti, karena memang dalam prosesriil kondisi tersebut tidak dapat diwujudkan akibat adanya kendala irreversibilitas proses, skala produksi, waktu dan pertimbangan energi, maka angka tersebut merupakan patokan dari efisiensi energi

dari suatu proses. Perbandingan antara jumlah energi yang dibutuhkan pada proses ideal dengan jumlah pemakaian energi pada proses riil dalam bidang management energi telah dijadikan takaran efisiensi suatu proses dan besar kecilnya harga tersebut menentukan keberhasilan managemen yang diterapkan.

Gambar 1 adalah diagram aliran proses untuk memproduksi amonia, garis putus-putus merupakan batas pembahasan yang akan dilakukan.



Gb. 1. Diagram Aliran Proses Produksi Amonia.

3. PENGUMPULAN DATA

Untuk tujuan analisa energi ini, telah dilakukan pengumpulan data. Data yang berhasil dikumpulkan dikelompokkan menjadi 3 macam data yaitu,

- Data harian
- Data bulanan
- Data tahunan

Masing-masing kelompok data tersebut dipergunakan untuk mengamati karakteristik pemakaian energi sesaat, jangka menengah dan jangka panjang. Melalui ketiga kelompok data tersebut diharapkan penyebab ketidak optimalan proses yang diakibatkan oleh kualitas bahan baku, faktor manusia, faktor perawatan dapat diidentifikasi.

Untuk mengidentifikasi penyebab ketidak optimalan proses yang diakibatkan oleh kualitas bahan baku dan faktor manusia, misalnya dapat dilakukan dengan pengolahan data yang diambil dari pencatatan harian, kemudian untuk mengidentifikasi ketidak optimalan yang diakibatkan oleh faktor perawatan peralatan dapat dilakukan dengan pengolahan data bulanan, dan yang diakibatkan oleh faktor pemeliharaan peralatan dapat dilakukan dengan pengolahan data tahunan.

Data produksi yang berhasil dikumpulkan untuk diolah, sebagian besar bersumber dari laporan pencatatan petugas di pabrik. Untuk data tingkat keadaan termodinamik seperti kondisi temperatur, tekanan dan laju aliran massa, pengambilan data sebagian besar dilakukan secara langsung mencabut dari alat ukur.

Akan tetapi hasil yang akan disajikan disini hanya terbatas pada data sesaat yang hanya mencerminkan karakteristik pemakaian energi untuk sistem proses produksi.

4. METODA DAN PENGOLAHAN DATA

Dalam analisa energi yang akan disajikan, energi yang akan diperhitungkan hanya mengenai energi yang dipergunakan secara langsung berhubungan dengan produksi ammonia. Dinilai dari bahan baku sampai dihasilkan produk akhir. Bentuk lain penggunaan energi seperti,

- a. Energi yang berhubungan dengan pembuatan alat dan konstruksi pabrik.
- b. Energi yang dipergunakan untuk menyediakan bahan baku.
- c. Energi yang berhubungan dengan pengangkutan dan distribusi hasil akhir.
- d. Energi pekerja dan bahan-bahan penunjang.

tidak akandisertakan. Sebagai dasar dalam pengolahan data, semua pengukuran dari alat-alat yang

terpasang di pabrik dipergunakan sebagai acuan utama dan dapat diandalkan. Untuk menentukan suatu besaran yang datanya tidak mungkin didapatkan, ditempuh dengan dua cara yaitu,

- a. Ditentukan secara tidak langsung dari balans massa dan energi.
- b. Ditaksir berdasarkan besaran yang proporsional dari perencanaan.

5. BALANS MASSA DAN ENERGI

Balans massa dan energi dapat dilakukan melalui penyajian sistem kedalam bentuk diagram yang lazim disebut diagram IFIAS, seperti ditunjukkan dalam Gb. 2. Tingkat keadaan termodinamika seperti entalpi total, tekanan dan temperatur dan laju aliran massa dapat dicantumkan di dalam diagram. Entalpi total yang dicantumkan di dalam diagram setengah lingkaran dievaluasi dengan acuan tingkat keadaan standart, yang harganya ditambahkan entalpi formasi. Penambahan entalpi formasi dilakukan, karena dalam proses melibatkan reaksi kimia. Kondisi temperatur ditunjukkan di dalam lingkaran penuh, kondisi tekanan ditunjukkan di dalam belah ketupat sedangkan laju aliran massa ditunjukkan di dalam empat persegi panjang.

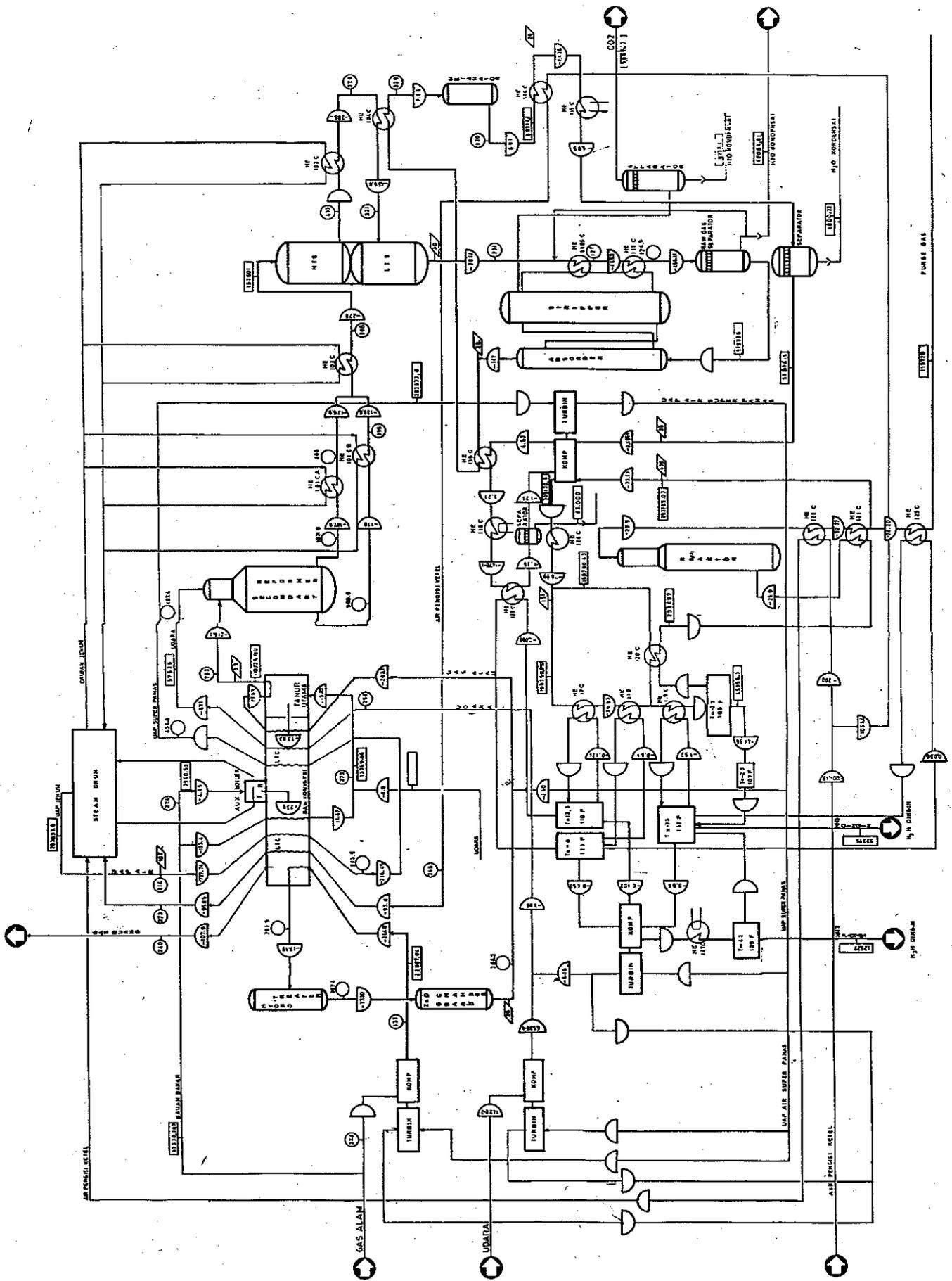
Hasil perhitungan beda entalpi masukan dan keluaran setiap komponen dipergunakan sebagai data dalam pembuatan diagram sankey dengan diagram sankey, akan mudah dilihat arah-arah penggunaan energi di dalam sistem dan dapat pula dibuat dari mana saja penambahan energi tersebut diperoleh. Harga-harga yang tercantum di dalam diagram sankey menunjukkan konsumsi energi jenis dari setiap komponen dan dihitung per kg mm³ produk.

Gb. 3, Gb. 4, Gb. 5, Gb. 6, Gb. 7, Gb. 8 adalah penyajian dalam bentuk diagram sankey dari beberapa komponen yang ada di dalam pabrik. Perlu dicatat bahwa harga-harga yang tercantum di dalam diagram Sankey dalam satuan kcal/kg NH₃ untuk energi termal, dan KWN/kg NH₃ untuk energi listrik.

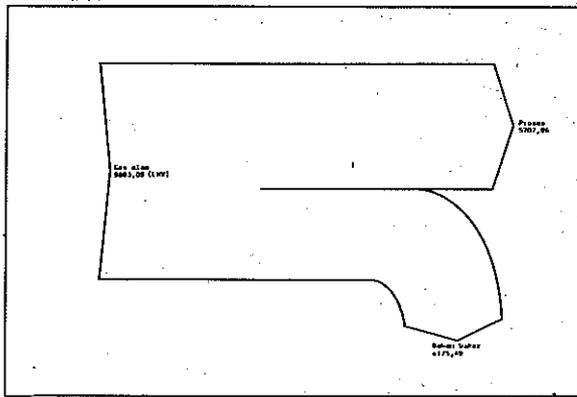
6. SIMULASI SISTEM

Simulasi sistem pada dasarnya adalah meniru sistem yang sebenarnya dengan suatu model. Simulasi sistem lazimnya diterapkan untuk mengamati sistem yang belum direalisasi, dengan maksud untuk mengkaji karakteristik dari sistem tanpa harus mengamati langsung sistem yang sebenarnya.

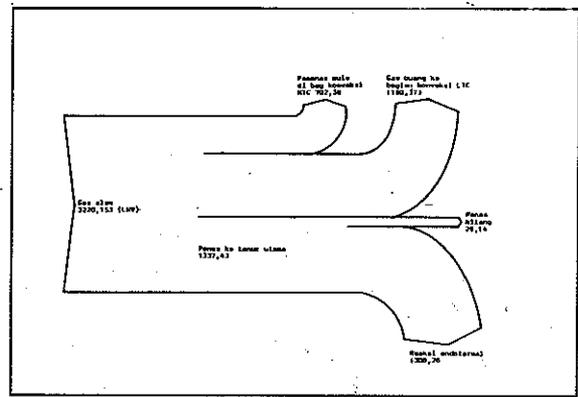
Simulasi sistem juga dapat digunakan untuk mengkaji sistem yang telah ada, apabila terhadap sistem tersebut ingin dilakukan suatu perubahan. Sebagai contoh, untuk pabrik ammonia ibla diinginkan laju produksi melebihi kapasitas perencanaan,



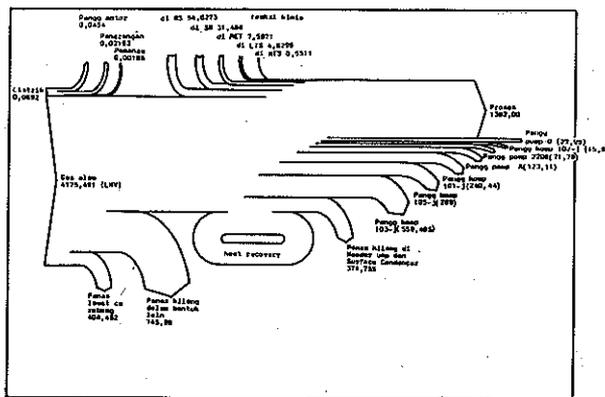
Gb. 2. Balans Massa dan Energi.



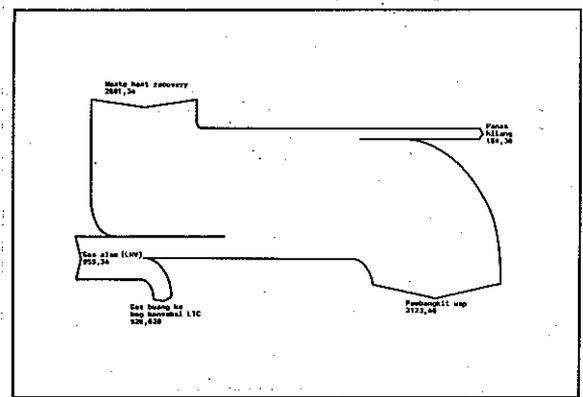
Gambar 3. Konsumsi gas alam untuk bahan baku dan bahan bakar.



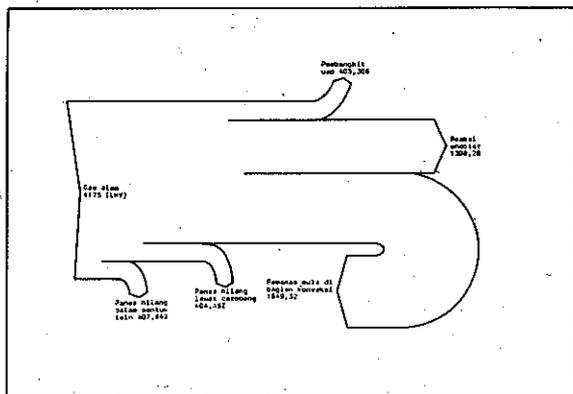
Gambar 6. Konsumsi energi spesifik di Tanur Utama (arc Burner).



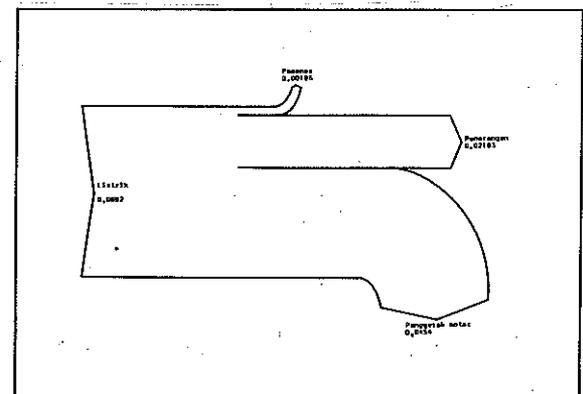
Gambar 4. Konsumsi energi spesifik global pabrik amonia.



Gambar 7. Konsumsi energi spesifik di Tanur Bantu (Aux boiler).



Gambar 5. Konsumsi energi spesifik di Primary reformer.



Gambar 8. Konsumsi energi spesifik untuk listrik.

maka dengan menggunakan simulasi sistem kemungkinan pelaksanaan tersebut dapat diketahui tanpa harus melakukan percobaan langsung.

6.1. Tahapan simulasi.

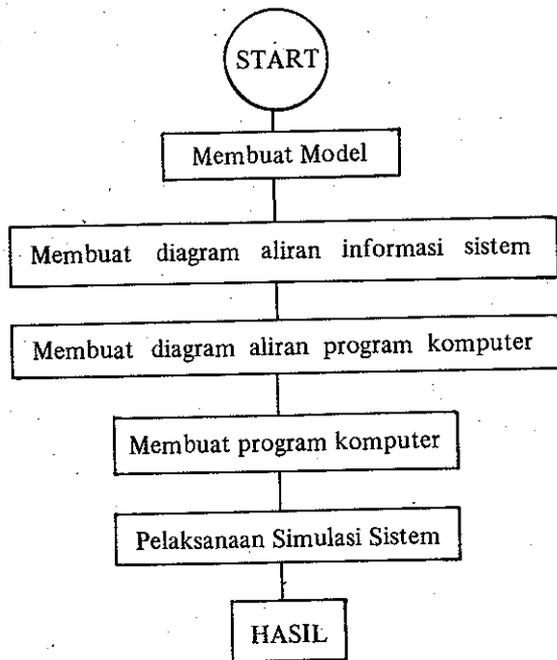
Untuk merealisasikan tujuan simulasi sistem, tahapan yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut :

- Memahami sasaran yang hendak dituju.
- Memahami fungsi setiap komponen, khususnya untuk sistem yang sudah direalisasikan.
- Membuat model sistem.
- Membuat dan kemudian mempelajari diagram aliran informasi dari sistem.
- Membuat diagram aliran program kom-

puter, bila proses penyelesaian dari model yang dibuat perlu bantuan komputer.

- f. Membuat program komputer.
- j. Pelaksanaan simulasi sistem.

Diagram aliran untuk melakukan simulasi sistem, ditunjukkan dalam gambar 9.



Gambar 9. Aliran untuk melakukan simulasi sistem.

6.2. Model.

Setiap proses yang terjadi di dalam komponen, dinyatakan dalam bentuk persamaan karakteristik. Untuk satu komponen minimal ada satu

bentuk persamaan karakteristik, jadi bila andalan sistem ada n buah komponen minimal ada n bentuk persamaan karakteristik. Hasil dari penyelesaian simulasi sistem ini adalah satu set harga dari n anu, sebagai hasil dari beberapa kali iterasi dengan ketelitian tertentu. Harga-harga dari n anu menyatakan kondisi kerja dari setiap komponen yang ada di dalam sistem. Dari harga-harga n ini akan dapat diketahui, apakah suatu komponen dapat dipakai bila kapasitas produksi dinaikkan sampai 136%.

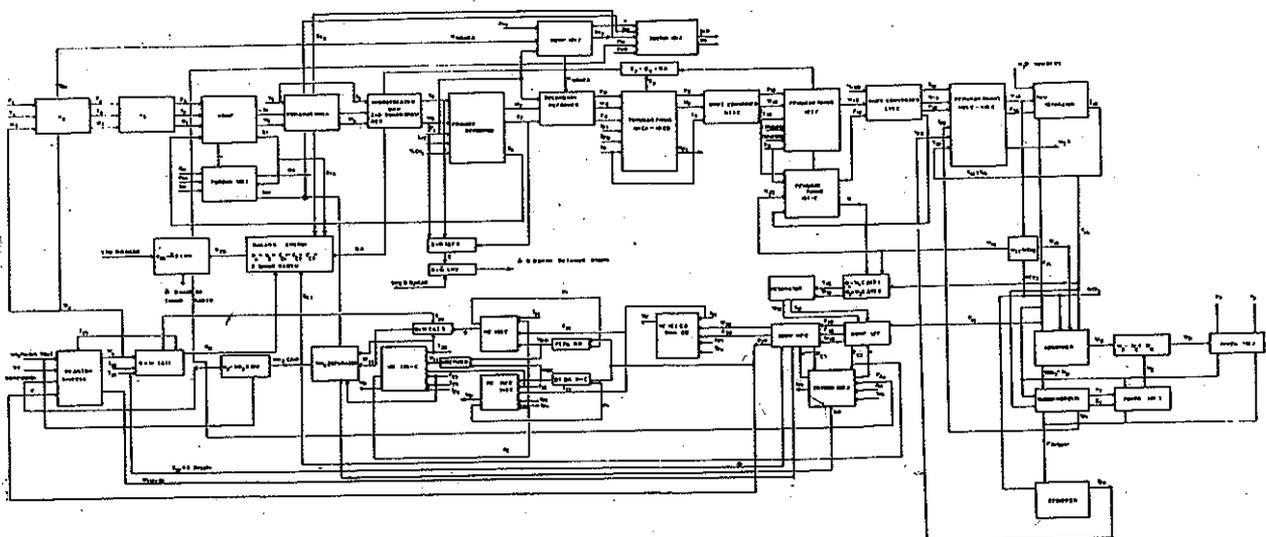
6.3. Diagram aliran informasi.

Seperti yang telah dikemukakan terdahulu, bahwa untuk memproduksi amonia dilakukan beberapa tahapan proses, yang mana dari tahap satu akan mempengaruhi tahap proses berikutnya. Oleh karena suatu besaran hasil pengamatan pada tahap satu ke tahap berikutnya berubah, maka disebut terjadi aliran informasi.

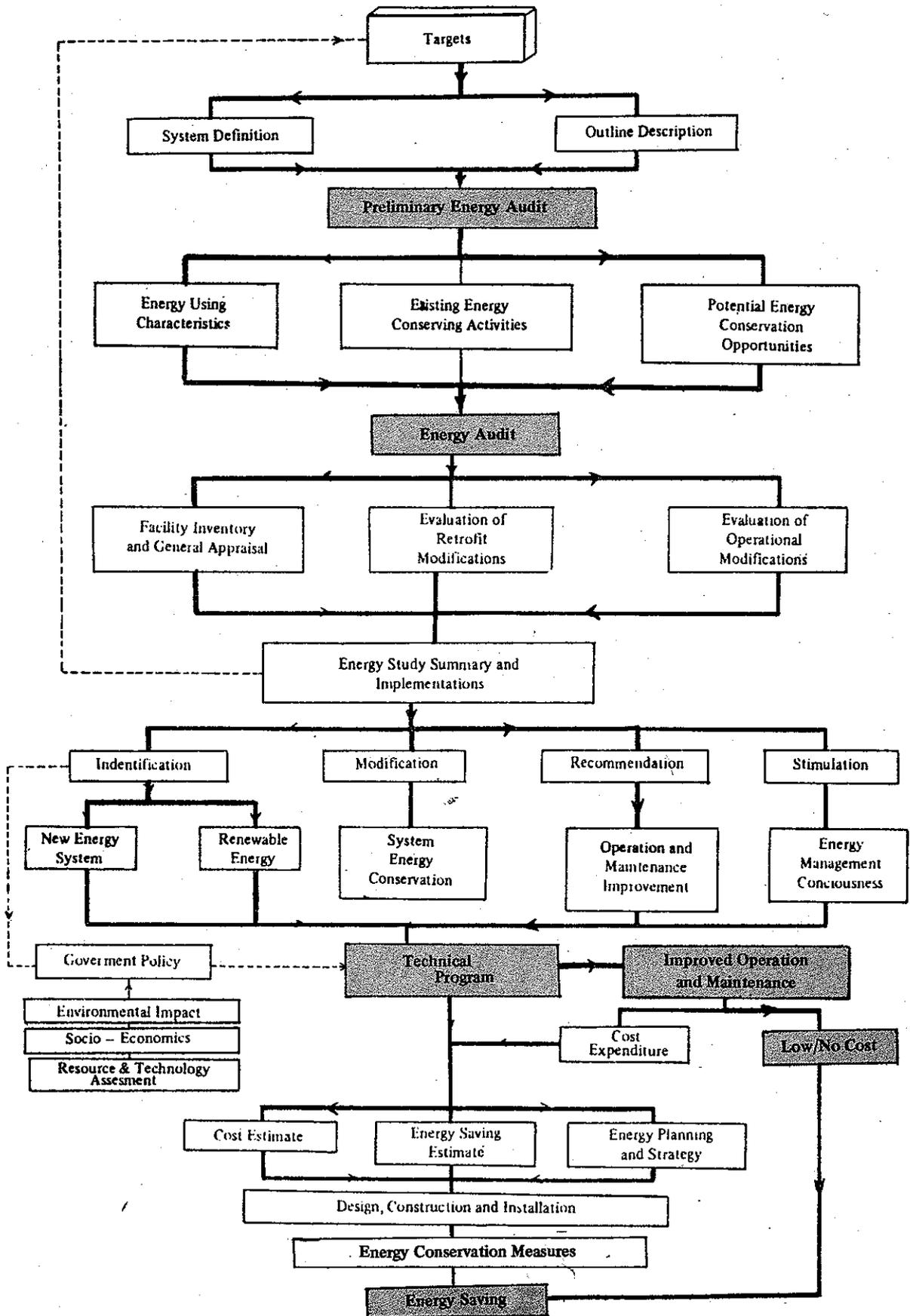
Dalam kasus ini, informasi dikelompokkan menjadi dua yaitu :

- a. Informasi tingkat keadaan termoduamik
 - Temperatur.
 - Tekanan.
 - Laju aliran.
 - Energi.
- b. Informasi tingkat keadaan kimia.
 - Komposisi kimia.

Kegunaan dari diagram aliran informasi adalah untuk memudahkan penyelesaian simulasi sistem. Dalam diagram aliran informasi digambarkan langkah kerja yang akan menetapkan dalam proses penyusunan program komputer. Diagram aliran informasi dari beberapa komponen dalam pabrik amonia disajikan dalam Gambar 10.



Gb. 10. Aliran Informasi Global.



Gb. 11. Tahapan Program Konservasi Energi.

Dalam gambar 9, anak panah menunjukkan aliran informasi dari satu komponen ke komponen berikutnya. Dari hasil beberapa kali iterasi, bila harga-harga yang tercantum di dalam anak panah sudah menunjukkan harga konstan, maka harga-harga tersebut menunjukkan kondisi kerja masukan maupun keluaran setiap komponen yang dibuat model. Sehingga dari sini akan dapat ditentukan komponen mana saja yang perlu diganti, bila kapasitas produksi dinaikkan.

7. PENGEMBANGAN ANALISA DAN KESIMPULAN

Hasil yang disajikan di atas masih merupakan tahap pendahuluan dan masih perlu dikembangkan lebih lanjut, bila ingin dipetik manfaatnya untuk tujuan manajemen energi. Pengenalan simulasi sistem di atas perlu dilaksanakan lebih jauh bila kerugian untuk menaikkan laju produksi benar-benar ingin terwujud. Analisis yang lengkap dan lebih mendetail perlu dilaksanakan. Analisis perlu dilakukan setiap hari dan meliputi tiap komponen dari sistem produksi.

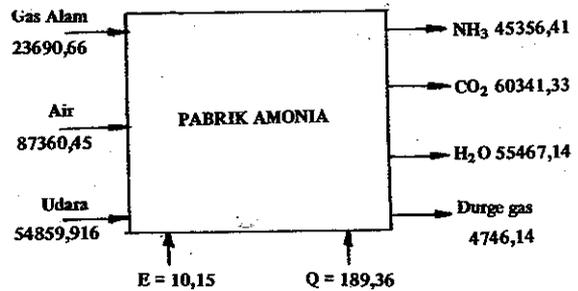
Untuk tujuan optimasi pemakaian energi, langkah-langkah seperti ditunjukkan dalam Gb. 11 dapat diterapkan. Empat langkah utama dari prosedur tersebut adalah :

- Energi audit pendahuluan.
- Energi audit terperinci.
- Evaluasi dan implementasi.
- Program Teknik.

8. DISKUSI DAN KESIMPULAN.

Karakteristik makro pemakaian energi dari produksi amonia di pabrik yang dianalisa dan hasilnya disajikan dalam bentuk-bentuk sederhana untuk diamati. Pengembangan lebih lanjut hasil analisa masih diperlukan untuk dapat memberikan manfaat yang berarti.

Kesimpulan global yang dapat diambil dari hasil analisa, adalah bahwa tingkat efisiensi pemakaian energi untuk memproduksi amonia di pabrik yang dianalisa masih dalam tingkat yang cukup memadai bila dibanding dengan proses yang lain, seperti ditunjukkan dalam tabel 1. Namun demikian seperti dapat diamati dari hasil-hasil yang disajikan, peningkatan efisiensi dalam batas kelayakan ekonomi masih mungkin dilakukan. Karakteristik global harian pabrik amonia ditunjukkan dalam gambar 12.



Gambar 12. Karakteristik global harian pabrik amonia.

Catatan :

- Satuan massa (kg/jam)
- Satuan energi (kcal/jam).

Tabel 1.
Konsumsi Energi proses produksi Amonia
(Kcal/Kg NH₃)

Proses	Total kebutuhan energi
TOPSOU	9713,0
UNDE	4888,6
BETHEL	4888,6
FOSTER WHEELER (CASALE)	4888,6
BARUM PURIFIER	4521,6
HUERTEY	4649,0
KEHOG	4398,7