

## RANCANGAN SISTEM PENGOLAHAN BIJIH URANIUM ASAL RIRANG : HORIZONTAL BELT FILTER

Djoko Wasisto, Mainar Sj.  
Pusat Pengembangan Bahan Galian Nuklir

### ASBTRAK

RANCANGAN SISTEM PENGOLAHAN BIJIH URANIUM ASAL RIRANG : Perancangan *Hori-zontal Belt Filter* telah dilakukan dalam skala laboratorium pada kapasitas pengolahan 250 g/menit. Hasil perancangan yang diperoleh yaitu kecepatan penyaringan 0,4 g/cm<sup>2</sup> menit, kecepatan linier *belt* 100 cm/menit, panjang dan lebar *belt* 125 cm dan 5 cm, serta siklus penyaringannya 1,25 menit. Dalam operasi alat tersebut memberikan kadar padatan (produk) sekitar 77,9 - 79,1 %.

### ABSTRACT

RIRANG URANIUM ORE PROCESSING SYSTEM DESIGN HORIZONTAL BELT FILTER. *Horizontal Belt Filter* is one of the solid-liquid separation process equipment. The design of *Horizontal Belt Filter* have been conducted for capacity of 250 g/minute. The result obtained was filtering velocity of 0,4 g/cm<sup>2</sup> minute. The linier belt speeds 100 cm/minute. The length and width of the belt 125 cm and 5 cm also the filtering cycle of 1,25 minute. The operation of that equipment give result about 77,9 - 79,1 % of product cake.

### PENDAHULUAN

Unit pemisahan fase padat-cair dalam proses pengolahan bijih uranium merupakan langkah yang cukup penting dan memberikan kontribusi biaya operasi relatif cukup tinggi, sekitar 15-35%<sup>1</sup>. Pemisahan fase padat-cair adalah proses memisahkan padatan dan cairan yang dapat dilakukan dengan cara sedimentasi atau filtrasi. Sedimentasi didefinisikan sebagai pemisahan bagian cair dari padatan dengan membiarkan zat padat mengendap karena pengaruh gravitasi dalam tangki pengendap (*thickner*).

Filtrasi adalah proses pemisahan padatan dan cairan dengan menggunakan media penyaring yang berpori untuk menahan zat padat tetapi dilewati oleh cairan.

Penggunaan tangki pengendap, untuk proses pemisahan fase padat-cair telah banyak dipelajari. Penggunaan unit ini selain mempunyai hambatan pada transportasi padatan juga sering menghasilkan larutan yang tidak memenuhi persyaratan umpan proses pemurnian, karena kandungan suspensi padatan dalam larutan yang dihasilkan bervariasi sampai 200 ppm<sup>3</sup>. Salah satu alternatif untuk mengatasi masalah tersebut di atas dapat menggunakan sistem filtrasi. Sistem filtrasi bisa dilakukan secara *batch* maupun kontinyu.

Pada makalah ini dibahas perancangan *Hori-zontal Belt Filter* dengan tujuan untuk

memperoleh model alat filtrasi yang dapat digunakan dengan sistem kontinyu.

### TEORI

#### Proses Penyaringan (Filtrasi)

Proses penyaringan merupakan proses pemisahan fase padat cair yang menggunakan media penyaring (*filter*). Proses ini bisa menghasilkan larutan (*leach liquor*) yang cukup jernih sampai kira-kira 10 ppm. *Horizontal Belt Filter* adalah salah satu alat filtrasi kontinyu yang terdiri atas dua bagian yang cukup penting yakni<sup>2</sup> :

- a. Penyaringan (filtrasi)
- b. Pencucian padatan

#### a. Penyaringan (filtrasi)

Rumus dasar proses penyaringan, menggunakan sistem *batch* adalah hubungan antara kecepatan aliran filtrat yang melalui padatan (*cake*) dan media penyaring diberikan sebagai berikut<sup>2</sup> :

$$\frac{dV_f}{dt_f} = \frac{PA}{\mu (av.Wc/A + R_m)} \dots \dots \dots (1)$$

dengan:  $V_f$  = volume filtrat m<sup>3</sup>;  $t_f$  = waktu pembentukan *cake*,  $dt$ ;  $P$  = tekanan filtrasi

(tekanan vakum),  $N/m^2$ ,  $A$  = luas muka filtrasi ( $m^2$ );  $\mu$  = viskositas filtrat,  $N \cdot dt/m^2$   $av$  = tahanan *cake*, rata-rata,  $m/kg$ ,  $W_c$  = Massa *cake*,  $kg$   $R_m$  = tahanan kain filter,  $m^{-1}$

Neraca massa padatan (*cake*) =

$$W_c = C \cdot V_f = A \cdot L (1-e) Y_s \dots\dots\dots (2)$$

dengan :

$C$  = Konsentrasi padatan = massa padatan/volume filtrat,  $kg/m^3$ .

$L$  = Ketebalan padatan (*cake*),  $m$

$e$  = Porositas padatan, %

$Y_s$  = Densitas padatan,  $kg/m^3$

Substitusi persamaan (2) ke persamaan (1), dihasilkan =

$$\frac{dL}{dt_f} = \frac{C \cdot P}{(1-e) Y_s \{ av (1-e) Y_s L + R_m \}} \dots\dots\dots (3)$$

Integrasi persamaan (3) pada tekanan filtrasi konstan akan diperoleh :

$$av \cdot Y_s^2 (1-e)^2 \frac{L^2}{2} + (1-e) Y_s R_m L = C \cdot P \cdot t_f \dots\dots\dots (4)$$

Untuk *Belt Filter*, waktu pembentukan *cake*,  $t_f = z_f/v$  dan di dalam proses yang kontinyu, maka produksi *cake* adalah sebagai berikut :

$$C \cdot Q_f = V \cdot L \cdot h (1-e) Y_s \dots\dots\dots (5)$$

dengan :

$z_f$  = Seksi filtrasi,  $m$

$Q_f$  = Kecepatan alir filtrat,  $m^3/dt$

$V$  = Kecepatan linier *Belt Filter*,  $m/dt$

$h$  = Lebar *Belt Filter*,  $m$

Kemudian persamaan (4) menjadi :

$$C \cdot Q_f = \frac{2 P z_f h \cdot c}{\{ av Y_s (1-e) L + 2 R_m \}} \dots\dots\dots (6)$$

Dengan menyusun kembali persamaan di atas, maka bisa diperoleh produksi *cake*.

$$C \cdot Q_f = \frac{2 C P z_f h}{av Y_s (1-e) L + \frac{2 R_m}{av Y_s (1-e)}} \dots\dots\dots (7)$$

Jika sebuah *Belt Filter* yang mempunyai panjang  $z$  dan lebar  $h$  seksi filtrasi dan pencucian masing-masing  $z_f$  dan  $z_w$ , dengan  $z_w = B z_f$ , maka waktu filtrasi terhadap pembentukan *cake* akan sesuai dengan persamaan berikut :

$$t_f = z_f/V$$

dengan :  $B$  = Perbandingan seksi filtrasi dan pencucian

$V$  = Kecepatan linier *Belt Filter*.

Dengan menganggap tahanan kain filter dapat diabaikan maka rumus dasar proses filtrasi dapat ditulis sebagai berikut :

$$V_f^2 = K t_f \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{dengan : } K = \frac{2PA^2}{avC} = \frac{2P(z_f h)^2}{avC} \dots\dots\dots (9)$$

dengan :  $K$  = Konstante Ruth's,  $m^6/dt$

Pada proses yang kontinyu, kecepatan aliran filtrat  $Q_f$  dan volume filtrat  $V_f$  mempunyai hubungan sebagai berikut:

$$Q_f = V_f/t_f \dots\dots\dots (10)$$

Dengan menggabungkan persamaan (8), (9) dan (10), maka bisa diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$Q_f^2 = \frac{2Pz_f h^2 U}{av \cdot C} = \dots\dots\dots (11)$$

dengan,  $U$  = *Porevelocity* dari pencucian di dalam *cake*,  $m/dt$ .

b. Pencucian padatan (*cake*)

Dengan menganggap bahwa proses pencucian dilakukan pada tekanan vakum yang sama, maka kecepatan pencucian dapat ditulis sebagai berikut :

$$Q_f = \frac{P z h}{R_c} = \frac{P (z_w h)^2}{av W_c} \dots\dots\dots (12)$$

dengan :

$R_c$  = Tahanan *cake*,  $m$

$W_c$  = Massa *cake*,  $kg$

massa *cake*, dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$W_c = C \cdot V_f = C \cdot Q_f \cdot t_f = C \cdot Q_f (z_f/v) \dots\dots\dots (13)$$

Dengan menggabungkan persamaan (11), (12) dan (13) diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$Q_w = \frac{B^4}{2} \frac{P z_f h^2 v}{U a v} \dots\dots\dots(14)$$

Pembagian persamaan (14) dengan persamaan (7) memberikan perbandingan kecepatan alir pencucian terhadap filtrat.

$$Q_w/Q_f = B^2/2 \dots\dots\dots(15)$$

Bila R = Wash ratio, yakni jumlah dari void volume yang digunakan di dalam proses pencucian dan e = cake porosity, maka jumlah void volume yang diproses dengan unit waktu adalah v.h.L.e, dengan L = tebal cake. Oleh sebab itu wash ratio diberikan dengan persamaan berikut :

$$R = Q_w/(v.L.h.e) \dots\dots\dots(16)$$

sehingga neraca massa dari cake menjadi :

$$C.Q_f = v.L.h (1-e) Y_s \dots\dots\dots(17)$$

Persamaan (17) dimasukkan kedalam persamaan (16), menghasilkan persamaan berikut :

$$R = \frac{Q_w (1-e) Y_s}{Q_f e.C} \dots\dots\dots(18)$$

Dan penggabungan persamaan (18) dengan persamaan (15) akan menghasilkan persamaan berikut :

$$R = \frac{2}{2} \frac{(1-e) Y_s}{e.C} B^2 \dots\dots\dots(19)$$

**TATA KERJA**

**PERANCANGAN Horizontal Belt Filter**

Perhitungan perancangan dilakukan dengan menggunakan beberapa asumsi. Cara perhitungan ini hanya terbatas pada daerah penyaringan, sebab pada prinsipnya daerah pencucian tidak banyak berbeda dengan daerah penyaringan. Beberapa asumsi sebagai berikut (3):

- a. Mengabaikan perubahan-perubahan yang kurang dominan seperti tahanan kain filter, viskositas cairan dan lain-lain.
- b. Tekanan pompa vakum konstan.
- c. Faktor pengalaman dan informasi pihak lain.
- d. Data diambil dari percobaan laboratorium.

**Cara Perhitungan**

Jika F kapasitas pengolahan (penyaringan) dan harga t<sub>f</sub> tertentu, maka akan memberi nilai V tertentu pula sehingga luas muka penyaringan yang diperlukan :

$$A = \frac{F}{V}$$

Kecepatan linier belt ( V ) berdasarkan pengalaman dari Sepa Pilot Plant Perancis harga V = 1 - 4 m/menit.

Sesuai dengan rumus (5) yaitu jumlah cake yang dihasilkan adalah:

$$C.Q_f = v h L ( 1 - e ) Y_s \dots\dots\dots(5)$$

dan dari rumus (2) Wc = A L ( 1 - e ) Ys, atau Wc

$$\frac{Wc}{A} = L(1 - e)Y_s \text{ persamaan ini disubstitusikan ke}$$

persamaan (5) diperoleh  $C.Q_f = v h \frac{Wc}{A}$

Harga Wc/A adalah berat cake kering per satuan luas ditentukan dengan melakukan percobaan labora-torium untuk mencari hubungan antara cake kering per satuan luas dengan tebal cake, kecepatan filtrasi dan volume cairan yang disaring setiap siklus penyaringan.

**Perhitungan**

Ditentukan kapasitas pengolahan sebanyak 15 kg/jam = 250 g/menit. Waktu penyaringan t<sub>f</sub> = 1,25 menit dan lebar belt = h = 5 cm.

Jika diambil tebal cake(L) = 0,4 cm dari data per-cobaan diperoleh harga Wc/A = 0,5 g/cm<sup>2</sup>. Dengan rumus diatas dihitung kecepatan linier belt (v)

$$v = \frac{CQ_f}{Wc/A.h} = \frac{250 \text{ g/menit}}{5 \text{ cm} \times 0,5 \text{ g/cm}^2} = 100 \text{ cm/menit.}$$

Panjang minimum belt (z<sub>f</sub>) 100 cm/menit x 1,25 menit = 125 cm Luas daerah penyaringan = panjang x lebar = 125 cm x 5 cm = 625 cm<sup>2</sup>. Maka kecepatan penyaringan

$$V = \frac{F}{A} = \frac{250 \text{ g/menit}}{625 \text{ cm}^2} = 0,4 \text{ g/cm}^2 \text{ menit}$$

Jika diambil tebal cake (L) = 0,5 cm dari data percobaan diperoleh harga Wc/A = 0,66 g/cm<sup>2</sup>. Dengan rumus diatas dihitung kecepatan linier belt (v)

$$v = \frac{CQ_r}{Wc/A \cdot h} = \frac{250 \text{ g/menit}}{5 \text{ cm} \times 0,66 \text{ g/cm}^2} = 75,8 \text{ cm/menit.}$$

Panjang minimum belt ( $z$ )  $76 \text{ cm/menit} \times 1,25 \text{ menit} = 95 \text{ cm}$ . Luas daerah penyaringan = panjang  $\times$  lebar =  $95 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} = 475 \text{ cm}^2$ . Maka kecepatan penyaringan

$$V = \frac{F}{A} = \frac{250 \text{ g/menit}}{475 \text{ cm}^2} = 0,53 \text{ g/cm}^2 \text{ menit}$$

#### Persiapan Bahan

Bijih uranium (residu) sebanyak 30 kg dilindi menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{MnO}_2$  di dalam tangki ber-pengaduk. Pelindian dilakukan pada konsentrasi padatan 50 % dan suhu  $60^\circ\text{C}$  selama kurang lebih 6 jam. Setelah proses pelindian selesai pulp (*slurry*) ditampung di dalam tangki penampung. Kemudian di buat larutan flocculan superfloc N-100 dengan konsentrasi 0,5 g/lit, sebanyak kurang lebih 20 lt. Sebelum percobaan dimulai dilakukan hal-hal sebagai berikut :

- Nyatakan bahwa motor listrik, pompa cairan dan pompa vakum bisa berjalan dengan baik.
- Tutup semua kran pemasukan dan pengeluaran.
- Basahi kain filtrasi dengan menggunakan air secara merata.
- Isi tangki pencampur (*flokulan* dan *pulp*) sampai permukaan *over flow* dengan menjalankan *agitator* setelah permukaan mencapai kurang lebih 30 % dari tinggi tangki.
- Ketika percobaan filtrasi akan dimulai, isi daerah filtrasi (*cloth*) dengan *slurry* (*pulp*) secara merata dengan ketebalan kurang lebih 0,5 cm.

Selanjutnya untuk menjalankan *Horizontal Belt Filter* dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- Jalankan pompa vakum dengan membuka kran secara perlahan-lahan.
- Jalankan secara bersama-sama pemasukan umpan (*pulp*) dan pompa flocculan serta menjalankan *Horizontal Belt Filter*.
- Pemasukan umpan (*pulp*) dilakukan secara periodik sebanyak kurang lebih 250 g/menit. Padatan diambil secara periodik kurang lebih 10 menit sekali untuk diukur kadar airnya, sedangkan filtrat ditampung pada tangki penampung untuk digunakan pada proses berikutnya.

## HASIL DAN BAHASAN

Dari hasil perhitungan untuk tebal *cake* 0,5 cm diperoleh kecepatan belt 76 cm/menit dan tebal *cake* 0,4 cm diperoleh kecepatan belt 100 cm/menit = 1m/menit. Dari kedua harga tersebut kecepatan belt yang dengan Pilot Plant Perancis yaitu antara 1 - 4 m/menit adalah pada tebal *cake* 0,4 cm.

Maka hasil perancangan alat *Horizontal Belt Filter*, dalam skala laboratorium dengan kapasitas pengolahan 250 g/menit ditunjukkan dalam Gambar 1 dan Tabel-1

Tabel-1. Hasil perancangan *Horizontal Belt Filter*

No.	Hasil rancangan/perhitungan	Nilai
1.	Kapasitas penyaringan	250 g/menit
2	Kecepatan penyaringan	0,4 g/cm <sup>2</sup> menit
3	Kecepatan linier belt	100 cm/menit
4	Panjang <i>Belt Filter</i>	125 cm
5	Lebar <i>Belt Filter</i>	5 cm
6	Siklus penyaringan	1,25 menit

Sedangkan hasil percobaan untuk mengetahui kadar padatan yang keluar dari *Horizontal Belt Filter* (produk *cake*) ditunjukkan dalam tabel-2 berikut :

Tabel-2. Kadar padatan (produk *cake*) keluar dari *Horizontal Belt Filter* Percobaan I

No	Pengambilan contoh, menit	Berat <i>cake</i> basah, gr	Berat <i>cake</i> kering, gr	Kadar <i>cake</i> %
1	10	42,4	33,6	79,2
2	20	51,5	41,2	80,0
3	30	52,3	40,5	77,4
4	40	68,9	53,8	78,1
5	50	39,3	30,7	78,1
6	60	40,7	30,2	74,2
7	70	35,5	27,8	78,3
8	80	30,5	23,5	77,1
9	90	59,5	47,1	79,2
10	100	42,5	33,0	77,6
Rata-rata				77,9

#### Percobaan II

No	Pengambilan contoh, menit	Berat <i>cake</i> basah, gr	Berat <i>cake</i> kering, gr	Kadar <i>cake</i> %
1	10	88,6	69,5	78,4
2	20	52,5	40,6	77,3
3	30	41,5	33,2	80,0
4	40	55,0	44,5	80,9
5	50	70,5	55,4	78,6
6	60	29,6	23,6	79,7
7	70	30,2	24,0	79,5
8	80	45,3	35,5	78,4
9	90	30,5	24,0	78,7
10	100	50,6	40,2	79,4
Rata-rata				79,1

### Percobaan III

No	Pengambilan contoh, menit	Berat cake basah, gr	Berat cake kering, gr	Kadar cake %
1	10	93,3	73,6	78,9
2	20	45,6	36,7	80,5
3	30	31,7	25,0	78,9
4	40	66,4	52,1	78,5
5	50	39,5	30,0	75,5
6	60	40,6	32,5	80,0
7	70	33,5	25,8	77,0
8	80	56,7	44,3	78,1
9	90	32,4	25,6	79,0
10	100	60,2	47,2	78,4
Rata-rata				78,5

Dari percobaan yang telah dilakukan, terdapat beberapa kendala antara lain hasil filtrat penyaringan agak keruh, hal ini disebabkan oleh kain filter (*cloth*) yang mempunyai pori-pori cukup besar, sehingga butiran padatan yang cukup halus bisa melewati kain filter tersebut. Selama operasi juga sering dialami, pada tekanan vakum yang maksimum ( $6 \cdot 10^{-2}$  Pa), kain filter terhenti, sedangkan *pulley* atau motor listrik tetap berjalan (terjadi slip). Untuk menghindari hal tersebut perlu diberikan gaya gesek yang cukup besar antara permukaan *pulley* dan *Belt Filter*. Dengan demikian operasi *Horizontal Belt Filter* bisa seperti yang diharapkan. Dalam tabel-2, dari percobaan I sampai dengan III nampak bahwa kadar padatan (produk *cake*) yang keluar dari *Horizontal Belt Filter* tersebut memberikan hasil rata-rata 77,9, 79,1 dan 78,5 %. Sedangkan menurut *simo plant*, Perancis, kadar padatan yang dihasilkan sekitar 80 %. Kadar padatan dari percobaan I sampai dengan III masih dibawah 80 %. Keadaan ini diakibatkan oleh selama operasi sering dialami kendala seperti yang telah disebutkan diatas, sehingga untuk memperlancar operasi selama percobaan tersebut dilakukan dengan menggunakan tekanan vakum sedikit lebih kecil dari keadaan maksimum. Hal ini dilakukan dengan cara membuka kran buangan, akibatnya kadar padatan yang dihasilkan belum bisa mencapai 80 %.

### SIMPULAN

Berdasarkan data percobaan laboratorium dan asumsi dengan kapasitas pengolahan ditetapkan dengan 15kg/jam dantebal 0,4 cm diperoleh rancangan model alathorizontal *Belt Filter* sebagai berikut:

1. Kapasitas penyaringan = 15 kg/jam.
2. Kecepatan penyaringan = 0,4 g/cm<sup>2</sup> menit
3. Kecepatan linier *belt* = 100 cm/menit

4. Panjang "*Belt Filter*" = 125 cm
5. Lebar "*Belt Filter*" = 5 cm
6. Siklus penyaringan = 1,25 menit

### UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada Ka Bid TPBN yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan, juga kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelak-sanaan perancangan dan uji coba alat tersebut sehingga bisa berjalan dengan baik.

### DAFTAR PUSTAKA

1. MASHUDIYONO ZUCHRI, scientific visit and short training course of uranium ore processing in France", report, October - December, (1987).
2. PERRY R.H., Chemical Engineering Hand Book", MC. Graw-Hill, Kogakusha, 3<sup>th</sup>. edition, (1993).
3. Djoko Wasisto, "Metode perancangan Horizontal *Belt Filter* pada Pengolahan Bijih Uranium", Proses Teknologi TPBN - PPBGN-BATAN, Jakarta, Seminar Nasional Teknologi Industri VI, Surabaya 27-28 Januari, (1993).
4. MERRIT R.C., "The Extraction Metallurgy of Uranium", Colorado School of Mines Research Institute, Golden, Colorado, U.S.A., (1971).

### Tanya Jawab :

#### 1. Edy Sulistyono :

- Bila dilihat dari rumus kecepatan linier *belt* yang dipakai tidak terlihat ukuran porositas filter yang digunakan, mohon dapat dijelaskan karena ukuran mesh berapa yang digunakan sangat berpengaruh pada kecepatan liniernya.

#### Mainar :

- Porositas kain filter tidak mempengaruhi kecepatan linier *belt* tetapi berpengaruh pada kecepatan filtrasi sesuai persamaan (1). oleh sebab itu pada rumus kecepatan linier *belt* memang tidak ada parameter porositas bahan *belt*.
- Pemilihan kain filter sesuai dengan bahan yang akan disaring bersifat asam, maka kain filter dipilih yang tahan asam dengan diameter pori < dari butir bahan yang disaring (- 65 mesh).

#### 2. Faizal Riza :

- Sampai di mana faktor-faktor pengalaman dan informasi yang lain dapat dimanfaatkan dalam perancangan alat HBF ini.

- Apakah kinerja alat tersebut sudah dapat berjalan dengan baik dan bagaimana dengan kendala-kendala pengoperasian HBF ini, mengingat HBF ini cukup rumit.

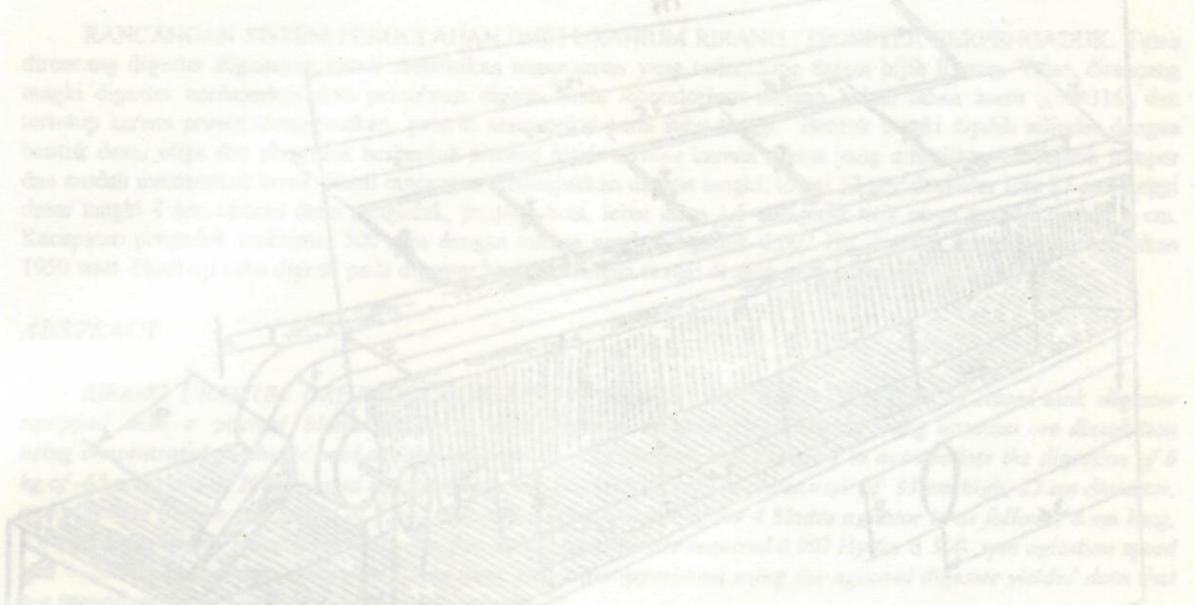
**Mainar :**

- Penggunaan informasi dari pihak lain

digunakan untuk membantu melengkapi data perhitungan perancangan.

- Belum. Dengan mengadakan sedikit modifikasi alat tersebut akan dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan.

**ABSTRAK**



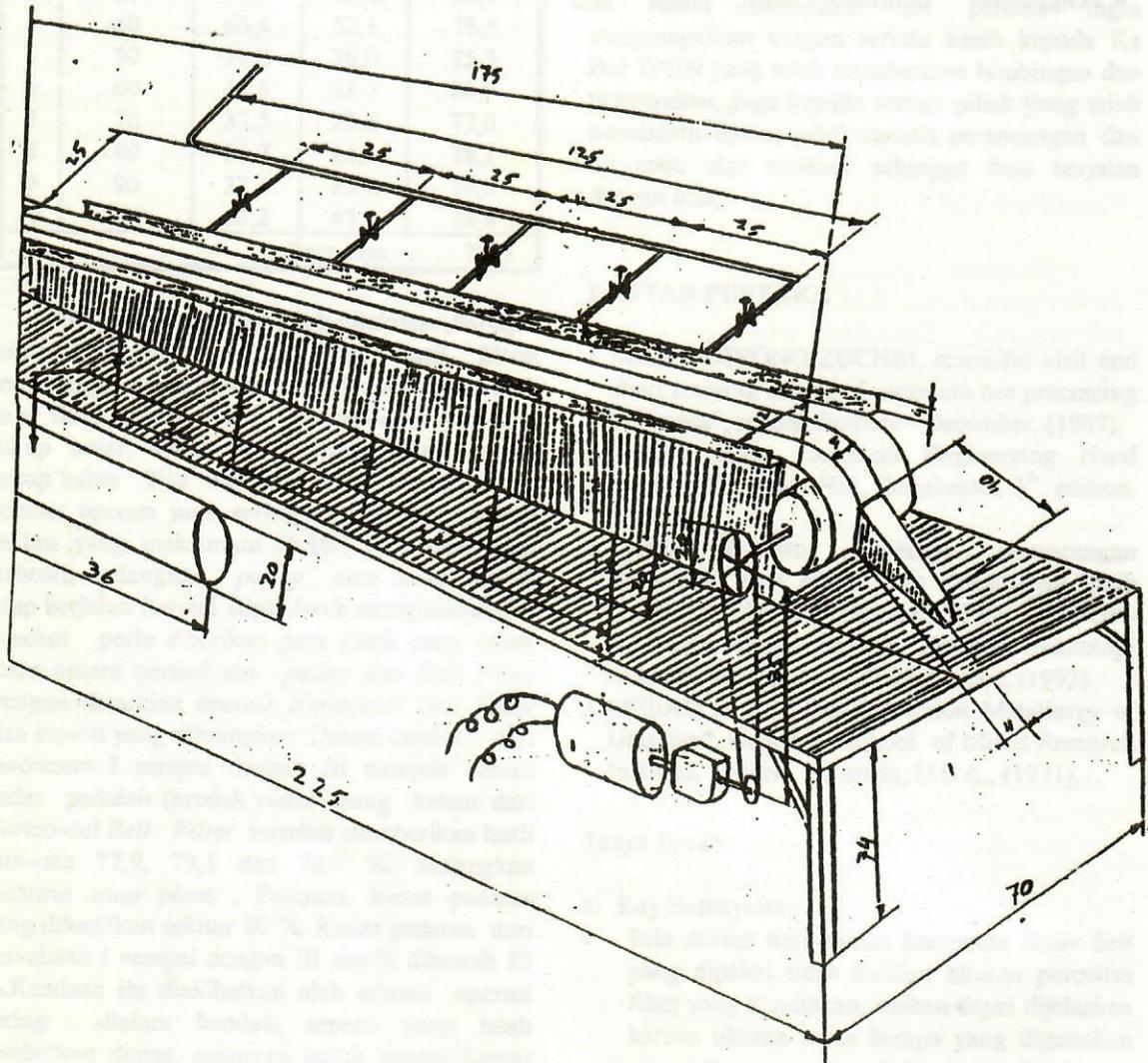
**PERHATIAN**

Lain Selanjutnya

... untuk ...

... data yang diperoleh ...

... jenis dari perancangan ...



Gambar 1. Skema rancangan *Horizontal Belt Filter*