

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Filtrasi

2.1.1 Pengertian Filtrasi

Filtrasi adalah salah satu aplikasi paling umum dari aliran cairan yang biasa digunakan di industri, filtrasi dilakukan di laboratorium kimia dengan menggunakan pemisahan padatan dari fluida. Pemisahan dilakukan dengan menggunakan cairan melalui membran berpori, partikel padat tertangkap didalam pori-pori membran sehingga terbentuk lapisan pada permukaan membran, Cairan yang bisa berupa gas atau liquid.

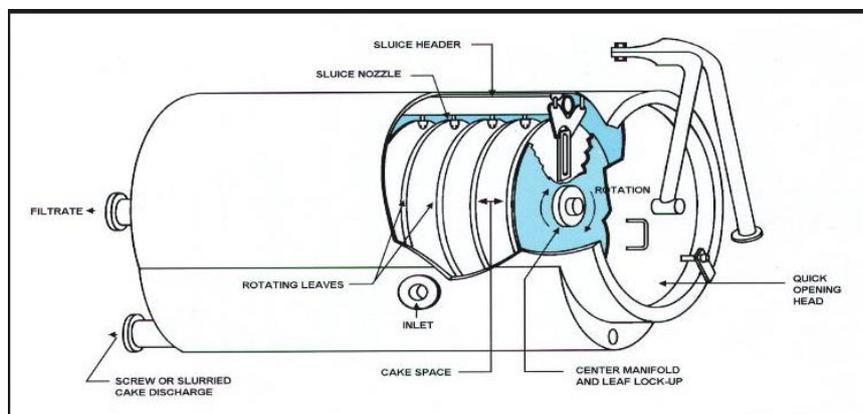
Filtrasi di industri berbeda dengan filtrasi di laboratorium. sebagian besar peralatan di industri dapat mengurangi hambatan aliran dengan membuat area penyaringan sebesar mungkin tanpa meningkatkan seluruh ukuran peralatan filter. pilihan peralatan filter sangat tergantung pada ekonomi, tetapi keuntungan ekonomi akan bervariasi tergantung pada yang berikut:

1. viskositas cairan, densitas, dan reaktivitas kimia
2. ukuran partikel padat, kecenderungan flokulasi bentuk, dan deformabilitas
3. Konsentrasi Slurry
4. jumlah material yang akan digunakan
5. nilai absolut dan relatif produk cair dan padat
6. kelengkapan pemisahan yang diperlukan
7. biaya relatif tenaga kerja, modal, dan listrik

(Foust.As, 1981)

2.1.2 Macam-macam Filter

1. Horizontal Rotary Vacum Filter

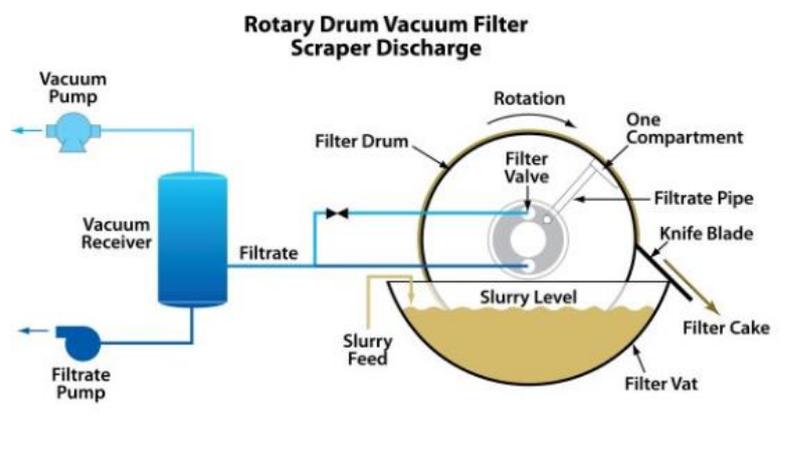


Gambar 1. Horizontal Rotary Vacum Filter

Horizontal Rotary Vacum Filter digunakan untuk menyaring padatan kristal yang cepat kering, pada permukaan Horizontal Rotary Vacum Filter berfungsi untuk mencegah benda padat agar tidak jatuh. Filter ini berbentuk horizontal melingkar yang berputar disekitar sumbu tengah dan terdiri dari sejumlah segmen berbentuk potongan yang berlubang dengan atasan logam berlubang, masing-masing bagian ditutupi dengan media yang sesuai dan terhubung pada mekanisme katup pusat. Setiap segmen akan menerima slurry kemudian disemprotkan dengan cairan, cake dikeringkan dengan cara menarik udara kemudian cake diambil dari permukaan.

Filter ini memberikan laju filtrasi yang sangat tinggi, Horizontal Rotary Vacum Filter Merupakan media penyaring berupa daun berbentuk baji yang ditutup dengan media filter, pada filter ini daun berputar dalam bidang vertikal disekitar sumbu horizontal. Bahan yang akan disaring akan mengisi bak filter sampai penuh, saat daun berputar dalam bidang vertikal maka cake akan terkumpul pada bagian permukaann

2. Rotary Drum Vacum Filter



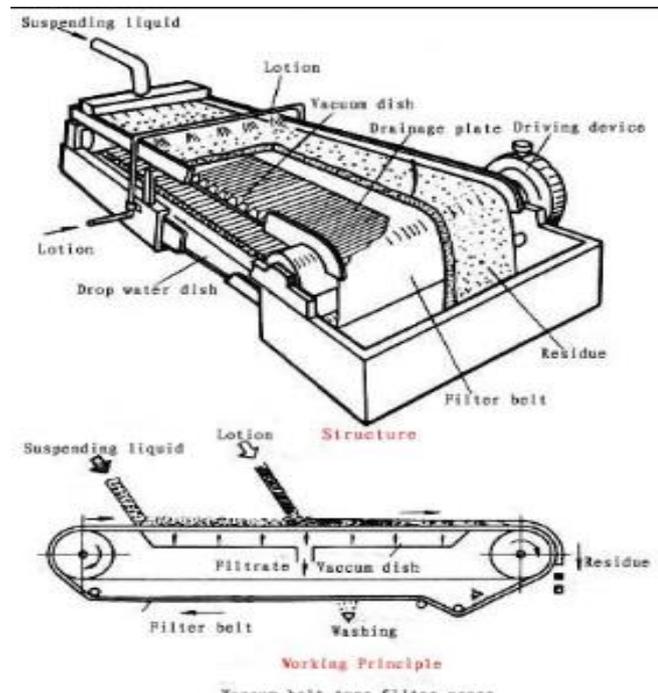
Gambar 2. Rotary Drum Vacum Filter

Rotary Drum Vacum Filter merupakan filter yang sering digunakan untuk mempercepat penyaringan atau untuk mengumpulkan partikel. Rotary Drum Vacum Filter Terdiri dari padatan yang terstruktur dan keras yang tidak dapat di kompres. Pada alat ini terdapat kain saring yang berfungsi untuk menyaring partikel padat yang sangat halus dari slurry.pada Filter ini terdiri dari drum kompartemen tertutup kain yang ditangguhkanpada poros aksial di atas bak umpan yang mengandung suspensi, dengan sekitar 50 hingga 80% dari area layar terbenam dalam suspensi. Drum biasanya dibagi menjadi tiga bagian yang dikenal sebagai pembuatan cake, zona penghapusan dan penyiraman cake. Dua zona pertama berada di bawah vakum, dimana air dalam material yang ditangani disedot melalui kain saringan, dan padatanpartikel

menumpuk seperti kue di atas kain. Di zona ketiga vakum dilepaskan danjet udara terkompresi dapat digunakan untuk menghilangkan cake. Udara terkompresi juga bisadigunakan untuk membersihkan kain penyaring.

3. Continuous Vacum Filter

4.

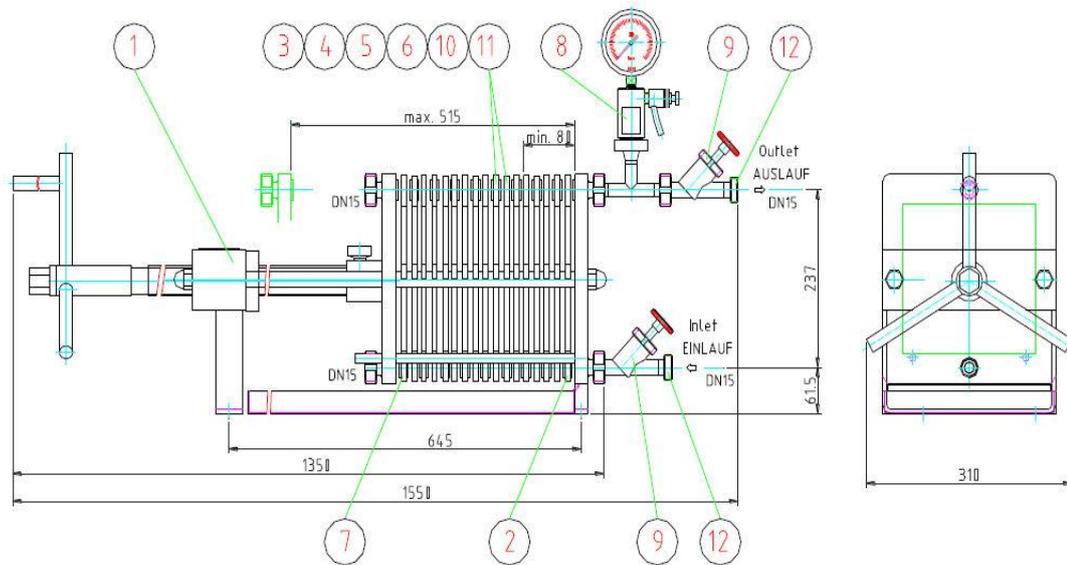


Gambar 3. Continuous Vacum Filter

Filter ini merupakan Filter berkelanjutan yang mana slurry diumpankan secara kontinyu yaitu cake dan filtrat diproduksi terus menerus.

(Foust.As, 1981)

5. Plate and Frame Filter Press



Gambar 4. Plate and Frame Filter Press

Plate dan frame filter press terdiri dari plate dan frame yang tergabung menjadi satu dengan kain saring pada tiap sisi plate. Plate memiliki saluran sehingga filtrat jernih dapat melewati tiap plate. Slurry dipompa menuju plate dan frame dan mengalir melalui saluran pada frame sehingga slurry memenuhi frame. Filtrat mengalir melalui kain saring dan padatan menumpuk dalam bentuk cake pada kain. Filtrat mengalir antara kain saring dan plate melalui saluran keluar. Filtrasi terus dilakukan hingga frame dipenuhi padatan. Kebanyakan filter memiliki saluran pengeluaran yang terpisah untuk tiap frame sehingga dapat dilihat apakah filtrat jernih atau tidak. Bila filtrat tidak jernih, mungkin disebabkan kain saring rusak atau sebab lainnya. Ketika frame sudah benar – benar terpisah plate dan frame dipisahkan dan cake dihilangkan, lalu filter dipasang lagi dan digunakan (Geankoplis, 1983).

Pengoperasian Plate and Frame Filter Press

Pada filtrasi dengan pres filter horizontal, suspensi masuk pada bagian kepala melalui saluran yang terbentuk oleh lubang - lubang di bagian atas plat. Pada press filter bingkai, suspensi mengalir melalui bingkai - bingkai, sedangkan pada press filter kamar, suspensi mengalir di antara plat - plat yang masuk ke dalam ruang filtrasi yang sesungguhnya. Filtrat menerobos kedua sisi kain filter, kemudian mengalir ke belakang kain filter sepanjang alur - alur plat turun ke dalam saluran. Saluran ini terbentuk dari lubang - lubang pada plat. Pada sistem tertutup filtrat keluar di bagian kepala, sedangkan pada sistem terbuka filtrat mengalir dari masing - masing plat melalui sebuah kran atau selang ke dalam saluran terbuka yang terletak di luar alat pres.

Seringkali cara kerja sistem tertutup maupun sistem terbuka dapat diterapkan pada alat yang sama dengan memasang saluran pembuangan khusus dan kran bercabang tiga. Keuntungan filtrasi dengan saluran keluar yang terbuka adalah bila suatu kain filter mengalami kerusakan, maka gangguan ini segera dapat diatasi, sedangkan filtrasi dengan pembuangan tertutup sesuai untuk bahan - bahan yang mengandung racun dan berbau menyengat (Nicholas, P. Cheremisinoff, 1998).

Keuntungan Filtrasi Plate and Frame Filter Press

Keuntungan dari plate and frame filter press yaitu pekerjaannya mudah hanya memerlukan tenaga terlatih biasa karena cara operasi alatnya sederhana, dapat langsung melihat hasil penyaringan yaitu keruh atau jernih, dapat digunakan pada tekanan yang tinggi, penambahan kapasitas mudah cukup dengan menambah jumlah plate dan frame tanpa menambah unit filter press, dapat digunakan untuk penyaringan larutan yang mempunyai viskositas yang tinggi, dan dapat dipakai untuk penyaringan larutan yang mengandung kadar koloid (kotoran) relatif rendah (Geankoplis, 1983).

Kerugian Filtrasi Plate and Frame Filter Press

Kerugian dari plate and frame filter press ini adalah kemungkinan bocor banyak dan operasinya tidak kontinyu. Kerugian lain dari plate and frame filter press adalah tenaga kerja yang dibutuhkan banyak karena dibutuhkan untuk membongkar dan memasang filter, selain itu membutuhkan waktu yang lama (Geankoplis, 1983).

2.2 Industri Gula

2.2.1 Pengertian Gula

Gula atau sukrosa adalah senyawa organik golongan karbohidrat sederhana yang dapat larut dalam air dan langsung diserap tubuh untuk diubah menjadi energi. Secara umum gula dibagi menjadi 2 yaitu monosakarida dan disakarida. Sukrosa juga termasuk disakarida yang didalamnya terdiri dari komponen komponen D-glukosa dan D-fruktosa. Rumus molekul sukrosa adalah $C_{12}H_{22}O_{11}$ (Khairuluma, 2018).

2.2.2 Proses Pembuatan Gula

2.2.2.1 Penimbangan nira mentah

Nira mentah hasil perahan digilingan pasca penyaringan sebelum masuk kedalam proses pemurnian terlebih dahulu dilakukan proses penimbangan nira, yang bertujuan untuk mengetahui jumlah nira yang dihasilkan setelah pengilingan yang nantinya akan digunakan sebagai bahan perhitungan pengawasan pabrikasi dan pengawasan pengilingan, hubungan pemurnian dengan timbangan adalah untuk menentukan berapa kristal gula yang akan dihasilkan selama proses dan untuk mengetahui berat nira encer.

2.2.2.2 Pemanasan Nira Mentah

Nira mentah yang sudah tertimbang akan masuk pemanas sari mentah 1 proses pemanasan ini bertujuan untuk membunuh mikroba yang ada dalam nira untuk mempercepat reaksi proses sulfitasi dan defikasi serta mencegah terjadinya hidrolisis sukrosa. Penggunaan panas yang diberikan tidak boleh terlalu berlebihan mengikat nira mentah terkondisi pada suhu ruang. Parameter temperatur pada pemanasan 1 yaitu 75°C

2.2.2.3 Defikasi

Defikasi merupakan proses pencampuran susu kapur pada nira dengan tujuan untuk menaikkan pH dan membentuk inti endapan yang nantinya akan membuat nira menjadi murni tanpa kotoran lagi. Dalam proses defikasi hal-hal yang perlu diperhatikan adalah pH nira, temperatur, dan proses dari pencampuran dari susu kapur tersebut harus disesuaikan dengan pH nira itu sendiri. Nira yang telah mengalami proses pemanas pendahuluan 1, selanjutnya nira akan masuk ke defikator 1. Pada defikator 1 dilakukan penambahan susu kapur hingga nira mentah mencapai pH 7,2. Pada proses ini, setiap 1 jam perlu dilakukan uji pH, indikator pH yang digunakan pada defikator 1 adalah BTB (broom thymol blue). Indikator tersebut akan memberikan indikasi warna biru tua yang memberikan tanda nilai pH 7,2.

Nira yang telah diberi susu kapur dari defikator 1 selanjutnya masuk ke defikator 2. Pada defikator 2 juga terjadi penambahan susu kapur sehingga menjadi nilai pH naik menjadi 9,5. Indikator yang digunakan dalam defikator 2 adalah TP (Thyphsol Phtalein) menunjukkan warna abu-abu cepat hilang. Proses pencampuran susu kapur ini dilakukan didalam reaktor defikator atau biasa disebut dengan tanki defikator, agar pencampuran susu kapur dengan nira menjadi merata maka nira yang telah ditampung dan sudah dicampur dengan susu kapur diaduk dengan alat pengaduk yang telah diatur kecepatannya. Tujuan dari pengadukan ini supaya susu kapur akan menyebar dan mempercepat pembentukan inti endapan.

2.2.2.4 Sulfitasi

Pada pemurnian cara sulfitasi pemberian kapur berlebihan. Kelebihan kapur ini dinetralkan kembali dengan gas sulfite. Nira yang telah melalui proses defikator 1 dan 2 akan diproses lagi ditangki sulfitasi, tujuan dari proses sulfitasi adalah untuk menetralkan pH karena penambahan susu kapur yang berlebihan pada proses defikasi sebelumnya. pH yang harus dicapai dalam proses sulfitasi adalah pH standar yaitu 7,2. Kemudian ditambahkan gas belerang SO_2 dalam proses sulfitasi, penambahan gas SO_2 ini menyebabkan : SO_2 bergabung dengan CaO membentuk CaSO_3 yang mengendap. SO_2 memperlambat reaksi antara asam amino dan gula reduksi yang dapat mengakibatkan terbentuknya zat warna gelap. SO_2 dalam larutan asam dapat mereduksi ion ferri

sehingga menurunkan efek oksidasi. Ini harus disesuaikan supaya pH nira standar tidak mengalami penurunan, untuk menjaga kestabilannya maka perlu dilakukan uji pH tiap jam sebagai data kontrol dalam proses sulfitasi

Nira yang telah mengalami proses sulfitasi dipanaskan lagi dipemanas 2 yang bertujuan untuk penyempurnaan reaksi dengan parameter temperatur mencapai 105°C, setelah itu dilewatkan melalui sebuah bejana (Flash Tank) untuk membuang gelembung udara dan uap air agar tidak mengganggu proses pengendapan karena apabila nira tersulfitasi tidak dibuang gelembung udaranya maka kotoran-kotoran yang terkandung dalam nira akan sulit diendapkan dan memerlukan waktu yang lama untuk proses pengendapannya.

2.2.2.5 Pengendapan (Clarification)

Nira yang telah mengalami proses defikasi dan sulfitasi akan masuk ke dalam bejana pengendapan (clarifier) prinsip kerja dari pengendapan adalah memisahkan nira dengan kotoran yang terkandung di dalam nira dengan tidak merusak nira itu sendiri. Proses pemurnian dan pengendapan ini berlangsung mud. Dalam proses ini yang paling menentukan adalah waktu tinggal, pH secara kontinyu dan nira keluar dari bejana pengendapan disebut nira cair murni (clear juice) dan nira kotor yang terpisahkan disebut, dan temperatur nira selain itu juga penambahan flokulan juga sangat menentukan karena flokulan berfungsi untuk mempercepat proses pengendapan kotoran-kotoran dengan cara mengikat beberapa kotoran kecil menjadi satu sehingga cepat untuk mengendap

2.2.2.6 Penyaringan

Proses penyaringan bertujuan untuk memisahkan nira kotor dengan blotong, nira yang tersaring akan dibawa ke tangki nira mentah sedangkan blotongnya diproses lebih lanjut untuk digunakan menjadi pupuk. Filter yang digunakan untuk menyaring nira adalah plate and frame filter press (Santoso Budi, 2015).

2.2.3 Pengertian Nira

Nira adalah cairan manis yang diperoleh dari air batang atau getah tandan bunga tanaman seperti tebu, bit, sorgum, maple, siwalan, bunga dahlia dan tanaman dari keluarga palma seperti aren, kelapa, nipah, sagu, kurma dan sebagainya. Nira aren merupakan salah satu sumber bahan pangan dalam pembuatan gula. (Baharuddin, dkk., 2007)

2.2.4 Pemurnian Nira

Proses pemurnian nira adalah proses untuk membuang atau menghilangkan zat organik dan anorganik bukan gula yang terdapat dalam nira gula kasar (crude), sehingga diperoleh nira gula dengan kadar sukrosa yang maksimum dan jernih. proses pemurnian nira di industri gula biasanya menggunakan alat Rotary Vacuum Filter yang terdiri dari silinder yang berputar pada sumbunya dan sebagian silinder ini terendam dalam bak nira kotor yang akan disaring, bagian luar dari silinder yang berfungsi sebagai penyaring terdiri dari segmen-segmen dan Masing-masing segmen dihubungkan secara individual ke suatu jaringan pipa yang disebut thrill yang berakhir pada suatu terminal yang disebut distributing valve atau timing block (Ina, 2014).

2.2.5 Zat Pengotor pada Nira

Nira tebu juga mengandung bahan pengotor berupa bahan-bahan non-gula hingga 50%, seperti gula pereduksi, asam organik, asam anorganik, asam amino, protein, pati, lilin, gum, mineral (seperti kalium, magnesium, kalsium, dan silika), bahan pembentuk warna (klorofil), dan bahan tersuspensi lainnya. Bahan pengotor tersebut harus dipisahkan sedini mungkin sebelum nira diproses lebih lanjut untuk menghindari masalah warna, inversisukrosa, peningkatan viskositas, dan pembentukan molase yang berlebih. Kuantitas dan mutu produk akhir sangat ditentukan oleh efisiensi proses pemisahan bahan pengotor tersebut (Suprihatin, 2007).

2.2.6 Komposisi Kandungan Gula dan Non Gula Dalam Nira Tebu

Tabel 1. Komposisi kandungan gula dan non gula dalam nira tebu

Komponen	Persentase %
Sukrosa	11-19
Gula Reduksi	0,5-1,5
Zat Anorganik	0,2-0,6
Zat Organik	0,5-1
Serabut	11-19
Air	77-88

(Suprihatin, 2007)

2.3 Dasar teori Proses Filtrasi Batch pada Tekanan Konstan

$$\frac{dt}{dV} = \frac{(\mu\alpha Cs)}{A^2(-\Delta P)} V + \frac{(\mu Rm)}{A(-\Delta P)} = Kp + B \quad (\text{SI}) (2-1)$$

Dimana : Kp dalam (s/m^6) (SI) dan B dalam (s/m^3) (SI)

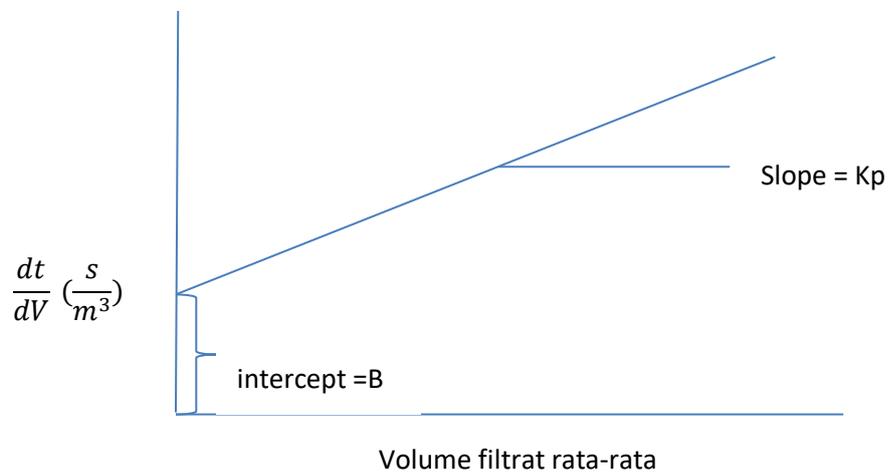
$$Kp = \frac{\mu\alpha Cs}{A^2(-\Delta P)} \quad (\text{SI}) (2-2)$$

$$B = \frac{\mu R_m}{A(-\Delta P)} \quad (\text{SI}) (2-3)$$

Keterangan :

- t = waktu filtrasi (s)
- V = volume filtrat yang dihasilkan saat t (m³)
- α = koefisien tahanan *cake* (m/kg)
- R_m = koefisien medium filter (m⁻¹)
- μ = viskositas filtrat (Pa s atau kg/m s)
- A = luas total medium filter (m²)
- ΔP = perbedaan tekanan (N/ m² atau kg/m s²)
- Cs = konsentrasi slurry (kg/m³)

Grafik hubungan $\Delta t/\Delta V$ terhadap V rata-rata



$$\bar{V} = \frac{V_1 + V_2}{2} (\text{m}^3)$$

Untuk tekanan konstan, α konstan dan *cake* yang tidak dapat dimampatkan (incompressible), maka variabelnya hanya V dan t, sehingga integrasi :

$$\int_0^t dt = \int_0^V (Kp \cdot V + B) dV \quad (2-4)$$

$$t = \frac{Kp}{2} V^2 + B \cdot V \quad (2-5)$$

$$\frac{t}{V} = \frac{Kp}{2} V + B \quad (2-6)$$

Laju Filtrasi ($\frac{dV}{dt}$)

Variabel-variabel yang mempengaruhi laju filtrasi :

- ✓ Perbedaan Tekanan aliran umpan masuk dan tekanan filtrat keluar ($-\Delta P$)
- ✓ Viskositas cairan (μ)
- ✓ Luas media filter / frame (A)

✓ Tahanan cake (Rc) dan tahanan medium filter (Rm)

Laju Filtrasi :

$$\frac{dV}{dt} = \frac{A(-\Delta P)}{(Rc+Rm)\mu} \quad (2-7)$$

(Geankoplis, 1983)

2.3.1 Tahanan Spesifik Cake (α) dan Tahanan Medium Filter (Rm)

Alat ini akan bekerja berdasarkan *driving force*, yaitu perbedaan tekan. Alat ini dilengkapi dengan kain penyaring yang disebut *filter cloth*, yang terletak pada tiap sisi platnya. *Plate and frame filter* digunakan untuk memisahkan padatan cairan dengan media berpori yang meneruskan cairannya dan menahan padatannya. Berikut adalah persamaan filtrasi pada Filtrasi Bertekanan Tetap :

$$\frac{dt}{dV} = \frac{\mu\alpha C_s}{A^2(-\Delta P)} V + \frac{\mu}{A^2(-\Delta P)} R_m = K_p V + B \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

R_m adalah tahanan medium filter (m^{-1})

α adalah tahanan spesifik cake (m/kg)

ΔP adalah *pressure drop* (N/m^2)

A adalah luas filter (m^2)

μ adalah viskositas ($Pa.s$)

C_s dalam ($kg\ solid/m^3$)

K_p dalam S/m^6 , dan

B dalam S/m^3

Apabila diintegrasikan, didapat :

$$t = \frac{K_p}{2} v^2 + BV \dots \dots \dots (2)$$

Dimana, v dalam m^3 dan t dalam s

$$\alpha = \frac{K_p A^2(-\Delta P)}{\mu C_s} \dots \dots \dots (3)$$

$$R_m = \frac{B A(-\Delta P)}{\mu} \dots \dots \dots (4)$$

(Geankoplis, 1983)

2.3.2 Viskositas

Perhitungan kekentalan dari setiap sampel dihitung dengan menggunakan alat viskosimeter ostwald berdasarkan persamaan poisseulle, dengan membandingkan waktu alir cairan sampel dan cairan pembanding (air) menggunakan alat yang sama. Cairan sampel dimasukkan ke dalam viskosimeter Ostwald, kemudian ditarik dengan bola hisap sampai batas atas, lalu dihitung waktu

alirnya saat mencapai batas bawah.

$$\mu_x: \mu_0 \cdot \frac{t_x \times \rho_x}{t_0 \times \rho_0}$$

Keterangan :

- μ_x : viskositas sampel (Cp)
- μ_0 : viskositas air (Cp)
- t_x : waktu sampel (s)
- t_0 : waktu air (s)
- ρ_x : densitas sampel (g/ml)
- ρ_0 : densitas air (g/ml)

(Delvina, 2016)

DAFTAR PUSTAKA

- Delvina, 2016. “Pengaruh Penambahan Kapur Dan Abu Terbang Dalam Laju Pelepasan Air Dari Lumpur Biologis (Ipal Sier)”. Jurnal Rekayasa Sipil / Volume 3, No.2 – 2009 ISSN 1978 – 5658
- Baharuddin,dkk.,2007. “Pembuatan Gula Semut dan Gula Aren pada Industri Skala Menengah”
- Foust.As, 1981. Principle of Unit Operation .2nd edition
- Geankoplis, Christie.J, 1983, “*Transport Process and Unit Operation*”, Ally and Bacon,Inc, United State of America
- Ina, 2014. Pengaruh Ph Nira Tebu dan Konsentrasi Penambahan Kapur terhadap Kualitas Gula Merah. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, FTP Universitas Brawijaya Malang.
- Khairuluma, 2018. “ Proses Pembuatan Gula dari Buah Siwalan”
- Nicholas, P. Cheremisinoff. 1998. “ Liquid Filtration “. 2nd edition. Mc Graw Hill Book Company. New York.
- Santoso Budi, 2015. “Proses Pembuatan Gula dari Tebu dari PG X”
- Suprihatin, 2007. Penjernihan Nira Tebu Menggunakan Membran Ultrafiltrasi dengan Sistem Aliran Silang.Jurnal ilmu pertanian indonesia.