



**PUSAT PENGAJIAN KEJURUTERAAN BAHAN DAN SUMBER  
MINERAL**

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

**PENGOPTIMUMAN DAN KEBERKESANAN PENGISARAN RUTIL  
DENGAN MENGGUNAKAN PENGISAR JET**

**OLEH**

**PRAKASH TEOH**

**Desertasi dikemukakan kepada**

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

**Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat keperluan untuk  
pengijazahan dengan kepujian**

**SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN SUMBER  
MINERAL)**

**MAC 2003/2004**

## PENGHARGAAN

Sesungguhnya tidak dapat dipikirkan dengan kata-kata diatas budi baik serta sumbangan bantuan yang telah diberikan oleh individu-individu terbabit sehinggalah saya selesai menjalankan Kajian Projek Tahun Akhir ini. Terlebih dahulu ingin saya lafazkan tanda syukur saya kepada tuhan kerana dengan limpah kurnianya saya dapat menyiapkan laporan kajian ini.

Saya ingin mengucapkan penghargaan yang tiada terhingga kepada penyelia projek saya iaitu **Prof. Madya Dr Khairun Azizi bt Mohd Azizli** yang tidak pernah jemu membantu dalam pelaksanaan projek ini serta dorongan dan idea-idea bernas beliau yang banyak membantu dalam melicinkan lagi perjalanan projek ini. Beliau telah banyak memberi tunjuk ajar, nasihat dan bimbingan sepanjang saya menjalankan projek tahun akhir. Ucapan penghargaan yang tidak terhingga ditujukan kepada **Encik Samayamutthirian a/l Palaniandy** selaku guru dan tutor atas idea-idea yang diberikan sejak awal projek sehinggalah ke akhir projek. Beliaulah yang memberi inspirasi dalam menjalankan kerja eksperimen saya dan pengorbanan masa serta tenaga demi untuk membantu saya. Saya hanya dapat merakamkan sejutaan terima kasih diatas segala pertolongan dan tunjuk ajar yang diberikan oleh beliau kepada saya.

Ucapan penghargaan juga kepada **En. Syed Fuad** yang membantu dalam memberi idea ,menyelia dan menyemak kerja saya serta memberi pandangan yang berguna terhadap perkembangan hasil kajian saya sepanjang tempoh projek dijalankan. Ucapan terima kasih setulus ikhlas ditujukan kepada **Encik Norazheruddin** selaku guru dan tutor dipusat pengajian ini telah meluangkan masa beliau untuk membimbing dan memberi tunjuk ajar kepada saya.

Tidak lupa juga kepada semua kakitangan dan juruteknik yang terlibat terutamanya **Encik Kemuridan bin Md Desa, Puan Fong, Encik Razak, Encik Mokthar, Encik Rashid** dan **Encik Sayuti** yang banyak membantu didalam memberi tunjuk ajar dan msklumst yang berguna kepada saya.

Buat rakan-rakan seperjuangan yang telah banyak membantu tidak mengira masa dan tempat yang turut menyumbangkan idea dan berkongsi suka dan duka, Jasa dan budi baik mereka amat dihargai.

Tidak dilupakan kepada keluarga tersayang, terutamanya **ibu** saya yang amat dikasihi, terima kasih diucapkan diatas segala susah payah yang diharungi demi kejayaan anak –anaknya. Tidak lupa juga kepada **adik** saya yang memberi sokongan moral kepada saya.

Tidak ketinggalan kepada semua yang terlibat sama ada secara langsung dan bukan langsung didalam membantu saya menyiapkan kajian Projek Penyelidikan Tahun Akhir , terima kasih diucapkan sekali lagi kepada semua yang mengenali diri saya.

Sekian,terima kasih

**PRAKASH TEOH**

(11 Febuari 2004)

## KANDUNGAN

|  |      |
|--|------|
| <b>Penghargaan</b>                       | ii   |
| <b>Abstrak</b>                           | iv   |
| <b>Abstract</b>                          | v    |
| <b>Kandungan</b>                         | vi   |
| <b>Senarai Rajah</b>                     | xi   |
| <b>Senarai Jadual</b>                    | xiii |
| <b>Senarai Persamaan</b>                 | xiv  |
| <b>BAB 1: PENDAHULUAN</b>                |      |
| 1.1. Pengenalan                          | 1    |
| 1.2. Latar belakang projek               | 3    |
| 1.3. Objektif Kajian                     | 5    |
| <b>BAB 2: KAJIAN PERSURATAN</b>          |      |
| 2.1. Ilmenit                             |      |
| 2.1.1. Pengenalan                        | 6    |
| 2.1.2. Sifat- sifat mineralogi           | 6    |
| 2.1.3 Proses Pembentukan Mineral         | 6    |
| 2.2. Rutil                               |      |
| 2.2.1. Pengenalan                        | 8    |
| 2.2.2. Sifat-sifat mineralogi            | 8    |
| 2.2.3. Proses Penghasilan Rutil Sintetik | 10   |

|   |    |
|---|----|
| 2.3. Pigmen                                     |    |
| 2.3.1. Saiz Partikel                            | 12 |
| 2.3.2. Prestasi                                 | 12 |
| 2.3.3. Formula Cat                              | 14 |
| 2.3.4. Aplikasi Hitox                           | 14 |
| 2.4. Pengisar                                   |    |
| 2.4.1. Pengenalan                               |    |
| 2.4.2. Pengisar Jet Hosokawa 100AFG             |    |
| 2.4.2.1. Model Pengisar Jet                     |    |
| 2.4.2.2. Spesifikasi Model Pengisar Jet 100 AFG |    |
| 2.4.2.3. Dimensi Pengisar Jet 100AFG            |    |
| 2.4.2.4. Pemacu Rotor Jet 100 AFG               |    |
| 2.4.2.5. Muncung                                |    |
| 2.4.3. Mekanisme Pengisaran                     |    |
| 2.4.3.1. Parameter Kawalan Pengisar Jet         |    |

### **BAB 3: METHODOLOGI**

|  |  |
|--|--|
| 3.1. Rangka Kerja Perlaksanaan Kajian          |  |
| 3.2. Persampelan                               |  |
| 3.2.1. Penggunaan Kotak Pembahagi (Riffle Box) |  |
| 3.3. Simpanan                                  |  |
| 3.4. Eksperimental                             |  |
| 3.4.1. Rekabentuk Parameter Eksperimen         |  |
| 3.4.2. Pengisaran                              |  |

3.4.2.1. Analisis Produk Penghancuran

3.4.3. Analisis Saiz Partikel

3.4.3.1. Analisis Saiz Partikel

3.4.3.2. Penggunaan Alat Malvern Mastersizer

3.5. Aplikasi Penggunaan Perisian Jk Sim Met

3.6. Ujian XRD, XRF dan SEM

## **BAB 4: KEPUTUSAN DAN ANALISIS**

4.1. Penyediaan Sampel Suapan

4.1.1. Ciri- ciri Suapan

4.1.2. Analisis Saiz Partikel

4.1.3. Kajian Morfologi dan Mineralogi Partikel

4.1.3.1. Analisis Mikroskop Imbasan Elektron (SEM)

4.1.3.2. Analisis Sinaran X Pendaflour (XRF)

4.1.3.3. pembelauan Sinar X (XRD)

4.2. Analisis Profil

4.2.1. Pengumpulan Partikel di Dalam Kebuk Pengisaran

4.2.2. Analisis Saiz Partikel Bagi Bendakir Bed

4.3. Analisis Produk Penghancuran

4.3.1. Proses Pengisaran Pengisar Jet 100 AFG

4.3.2. Kajian Morfologi dan Mineralogi Partikel

4.3.2.1. Analisis Mikroskop Imbasan Elektron (SEM)

4.3.3. Analisis Saiz Partikel bagi Produk

## **BAB 5: KESIMPULAN DAN CADANGAN**

5.1. Kesimpulan

5.2. Cadangan

## **RUJUKAN**

**LAMPIRAN A:** Alat dan radas yang digunakan

**LAMPIRAN B:** Pengisar Jet Hosokawa 100 AFG

**LAMPIRAN C:**

## ABSTRAK

Rutil sintetik merupakan alternatif yang baru dalam menghasilkan pigmen bagi industri pembuatan cat. Rutil sintetik yang dihasilkan kemudiannya melalui proses pengisaran untuk menghasilkan pigmen. Pengisar jet digunakan bagi menghasilkan produk yang halus.

Kajian dilakukan dengan mengawal tiga parameter kawalan iaitu kadar suapan, halaju rotor dan tekanan pengisaran. Parameter kadar suapan yang digunakan adalah 1.5kg/h, 4.0kg/h, 5.1kg/h dan 7.8 kg/h , manakala halaju rotor yang digunakan adalah 6000 rpm, 9000 rpm ,12000 rpm, 15000 rpm dan tekanan pengisaran yang dikaji adalah 3 bar, 4 bar, 5 bar dan 6 bar.

Analisis terhadap sampel produk mendapati produk yang paling halus diperolehi pada kadar suapan 4kg/h, tekanan, pengisaran 4 bar dan pada halaju rotor 12000 rpm. Saiz partikel  $d_{50}$  bagi produk yang halus adalah  $0.81\mu\text{m}$ . Analisis peratus jisim bagi lapisan terbendalir juga menunjukkan satu corak yang positif. Taburan saiz terhadap sampel yang wujud didalam ruang pengisar menunjukkan ia adalah lebih halus daripada suapan tetapi adalah kasar berbanding dengan produk.

Analisis mineralogi merangkumi ujian XRF, XRD DAN SEM dimana ujian ini digunakan untuk mengenalpasti kehadiran unsur- unsur dan membuktikan kajian yang dikaji adalah benar bagi sampel rutil. Analisis XRF mendapati 92% daripada komposisi sampel suapan adalah titanium dioksida manakala analisis XRD menunjukkan kehadiran unsur- unsur Fe,Ti dan  $\text{O}_3$ . Ujian morfologi menunjukkan rutil mempunyai permukaan yang tajam dan ia berbenuk tetragon dan lembut.



## ABSTRACT

Synthetic rutile is the new alternative method to manufacture pigment in the painting industry. Synthetic rutile are ground to produce pigments. The usage of jet mill will help to produce finer products.

A research was conducted to study the performance of the jet mill in grinding synthetic rutile. The parameter which was carried out for the test for feed rate at 1.5kg/h, 4.0kg/h, 5.1kg/h and 7.8 kg/h and classifier speed were 6000 rpm, 9000 rpm, 12000 rpm and 15000 rpm were used in the test work. The grinding pressure for the process was set at 3 bars, 4 bars, 5 bars and 6 bars.

Analysis of the ground products showed that the finer products was produced at feed rate of 4kg/h, grinding pressure 4 bars and a feed rate of 12000 rpm. The top size of the products,  $d_{50}$  are at  $0.81\mu\text{m}$ . Analysis of weight percentage for fluidized bed showed positive patterns. The distribution of particle in a grinder showed that it was finer compared to feed but it is coarser than the product.

Characterization analysis comprising XRF, XRD and SEM tests is carried out to determine the existence element in rutile. XRF analysis showed that 92% of the feed composition contained titanium dioxide while the XRD test showed the existences of Fe, Ti and  $\text{O}_3$ . Morphology test showed that rutile has sharp edges, smooth surfaces were elongated and flaky.

# **BAB 1: PENGENALAN**

## **1:1 Pengenalan**

Permintaan dan keperluan terhadap partikel halus atau serbuk meningkat sejak kebelakangan ini. Permintaan global dan serantau terhadap pengeluaran partikel halus menunjukkan peningkatan yang mendadak sejak pertengahan tahun 1999 terutamanya di Asia. Pasaran dunia terhadap pigmen titanium dioksida pula dijangka sebanyak 4.47 juta ton setahun dan bernilai 7 billion dollar (Pusat Dagangan Dunia, 2000). Amerika Syarikat dan Eropah menguasai hampir 75 peratus pasaran manakala Asia menguasai 25 peratus daripada pasaran dunia pigmen. Pengeluaran produk pada tahun 2003 dijangka sebanyak 4.67 juta ton. Penggunaan pigmen titanium dioksida adalah tinggi sejajar dengan kepentingannya dalam industri pengecatan, perubatan dan plastik. Sumbangan titanium dioksida adalah sebanyak 59 peratus dalam bidang pengecatan, 20 peratus bagi industri plastik dan sebanyak 21 peratus dalam industri dakwat, percetakan dan kertas.

Malaysia adalah negara yang kaya dengan mineral semulajadi berikutan keadaan geologi dan geografinya yang strategik. Rutil dijumpai di dalam batuan granit, pegmatit, mika, batu kapur dan dolomit. Walaubagaimanapun deposit mineral rutil adalah sangat sedikit di negara kita.

Proses pengklorinan merupakan proses yang biasa digunakan di loji pemprosesan di Malaysia. Ilmenit akan melalui proses pelarutlesapan dengan asid hidroklorik untuk menghasilkan rutil sintetik. Semasa proses pelarutlesapan, ilmenit akan berubah bentuk kepada titanium tetraklorida dan seterusnya akan diturunkan kepada pigmen rutil sintetik.

Proses pemecahan dan pengurangan saiz merupakan peringkat yang penting dalam menentukan saiz yang optimum bagi rutil sintetik di loji pemprosesan. Pengisar jet atau pengisar kuasa bendalir, biasa digunakan dalam industri pengisaran. Pengisar jet banyak digunakan dalam penghasilan pigmen. Pengisar jet menggunakan teknologi pengisaran yang dinamik seperti pelanggaran antara partikel dengan partikel dan pelanggaran partikel dengan dinding untuk menghasilkan serbuk yang halus dengan menggunakan udara sebagai medium.

Pengisar jet berupaya untuk mengisar semua bahan yang keras sehingga ke julat mikron. Pengisaran halus boleh meningkatkan sifat fizikal rutil sintetik seperti kilauan dan dwibiasan. Keberkesanan pemecahan partikel dapat dicapai dengan menggunakan pengisar jet. Keberkesanan operasi pengisaran adalah bergantung kepada kepada tenaga yang diperlukan untuk membentuk partikel kepada saiz dan bentuk yang diperlukan (Karvinen et al, 1991 and Rink, 1974).

## **1.2 Objektif kajian.**

1.2.1 Mengenalpasti parameter operasi yang mempengaruhi proses pengisaran halus dalam pengisar jet.

1.2.2 Mengenalpasti pengaruh parameter operasi seperti kadar suapan, tekanan pengisaran dan halaju rotor.

1.2.3 Pengoptimuman pengoperasian pengisar jet untuk proses pengisaran halus rutil sintetik.

## **BAB 2: KAJIAN PERSURATAN.**

### **2.1. Ilmenit**

#### **2.1.1. Pengenalan.**

Mineral ilmenit telah wujud di bumi hampir 177 tahun dahulu dan ia mula dijumpai di Gunung Ilmen, bahagian selatan Ural, Russia. Ilmenit merupakan mineral yang penting dalam kumpulan hematit. Formula struktur ilmenit adalah  $\text{FeTiO}_3$  dimana ia mengandungi (40-60%)  $\text{TiO}_2$  dan mineral-mineral seperti Zirkon, Ankerit, Fluoapatit, Biotit dan Kuarza. Pasir pantai dan tanah bekas lombong bijih timah merupakan sumber utama taburan ilmenit. Ilmenit boleh ditemui di dalam batuan igneous. Kebanyakannya ditemui didalam batuan gabro, diorit, dan anortoklas, dimana ia adalah produk hasil daripada magma. Di Malaysia, negeri-negeri pantai barat seperti Perak, Selangor dan Pulau Pinang kaya dengan sumber ilmenit.

#### **2.1.2. Sifat-sifat mineralogi ilmenit**

Ilmenit tergolong dalam mineral logam dan ia adalah berwarna hitam. Ilmenit berbentuk heksagon dan mempunyai sistem hablur. Ia terdiri daripada lapisan nipis dan mempunyai bentuk hablur yang tebal. Ilmenit tergolong dalam kumpulan mineral berkilau dan ia boleh digores. Ia bersifat lutsinar dimana cahaya boleh menembusi struktur hablur tersebut. Kehadiran ira adalah penting dalam menentukan sifat dan bentuk mineral ilmenit. Kekerasan ilmenit adalah diantara 5-6 Mohrs dan spesifik gravitinya adalah 4.5 -5. Ilmenit dikelaskan sebagai mineral magnetik.

### **2.1.3 Proses pembentukan mineral ilmenit**

Proses geologi memainkan peranan yang penting dalam pembentukan dan pemendakan mineral. Faktor masa dan kedudukan geografi merupakan antara pengaruh utama dalam pembentukan mineral.

Proses geologi mempengaruhi dalam pembentukan bijih dimana kebanyakan jasad batuan yang besar mempunyai kepekatan unsur yang rendah manakala jasad batuan yang kecil mempunyai kepekatan unsur yang tinggi.

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi dalam pembentukan mineral seperti hidroterma, magmatik, sedimentasi kimia, luluhawa dan plaser. Mineral –mineral yang wujud dibumi adalah terbentuk daripada proses magmatik. Magmatik merupakan satu leburan panas yang wujud dilapisan mantel bumi. Aliran magma mempunyai takat lebur yang tinggi dan tekanannya juga adalah tinggi.

Batuan igneous terbentuk daripada pemejalan dan penyejukan magma dimana ia akan menghablur apabila aliran magma mengalir dari tekanan tinggi kepada tekanan rendah. Suhu larutan magma itu juga akan berkurangan dan larutan magma itu akan mula menghablur apabila ia mula menyejuk. Ilmenit kebanyakannya dijumpai dalam batuan granit, gabro dan anorthosit.

## **2.2 Rutil**

### **2.2.1 Pengenalan**

Mineral rutil berbentuk kristal dan wujud sebagai dua bentuk mineral seperti anatase dan rutil. Rutil adalah tergolong dalam kumpulan oksida. Formula molekul rutil adalah  $\text{TiO}_2$  dan ia mengandungi 92% titanium dioksida. Mineral rutil bersekutu di dalam batuan granit, pegmatit, mika, batuan metamorfik, batu kapur dan dolomit. Ia juga ditemui hadir sebagai mineral aksesori dalam batuan dan telerang kuarza. Pasir pantai merupakan satu-satunya sumber semulajadi taburan mineral rutil tetapi ia adalah dalam komposisi yang sedikit dan terhad. Mineral ilmenit merupakan bahan mentah bagi industri penghasilan pigmen titanium dioksida. Biasanya ilmenit akan melalui proses kimia dan fizikal sebelum dikenali sebagai titanium dioksida atau rutil.

### **2.2.2 Sifat-sifat mineralogi rutil**

Rutil adalah mineral yang tergolong dalam mineral oksida. Ianya biasa berbentuk prisma. Ia biasanya berlaku pada kekisi (110). Kekerasan mineral rutil adalah 6 - 6.5 dan ia mempunyai spesifik graviti 4.18 - 4.25. Rutil berwarna perang dan sifat warna dan ia bergantung kepada kehadiran ion-ion besi. Sifat-sifat mekanikal dan fizikal ditunjukkan dalam Jadual 2.1

**Jadual 2.1: Sifat mekanikal dan fizikal mineral rutil**

|                                |                            |
|--------------------------------|----------------------------|
| Ketumpatan                     | 4 gcm <sup>-3</sup>        |
| Modulus patah                  | 140MPa                     |
| Kekuatan mampatan              | 680MPa                     |
| Nisbah Poisson's               | 0.27                       |
| Kekuatan patah                 | 3.2 Mpa.m <sup>-1/2</sup>  |
| Modulus Ricih                  | 90GPa                      |
| Modulus Keanjalan              | 230GPa                     |
| Kekuatan Mikro (HV0.5)         | 880                        |
| Kerintangan (25°C)             | 10 <sup>12</sup> ohm.cm    |
| Kerintangan (700°C)            | 2.5x10 <sup>4</sup> ohm.cm |
| Pemalar Dielektrik (1MHz)      | 85                         |
| Faktor Dissipation (1MHz)      | 5x10 <sup>-4</sup>         |
| Kekuatan Dielektrik            | 4 kVmm <sup>-1</sup>       |
| Pengembangan Terma (RT-1000°C) | 9 x 10 <sup>-6</sup>       |
| Kekonduksian Terma (25°C)      | 11.7 WmK <sup>-1</sup>     |

### 2.2.3 Proses penghasilan rutil sintetik.

Syarikat TOR Minerals menggunakan proses kitaran Benelit, di mana asid hidroklorik digunakan untuk pelarutlesapan besi daripada ilmenit yang telah diturunkan. Ilmenit yang mengandungi 54 - 65% TiO<sub>2</sub> dipanggang di dalam pemanggang minyak pembakaran tinggi dengan putaran pemanggang putaran pada suhu 870° C yang berperanan sebagai agen penurunan, menukarkan besi ferum, Fe<sup>3+</sup> dalam ilmenit kepada keadaan Fe<sup>2+</sup>. Diesel digunakan sebagai bahan api, gas akan melalui siklon dan “incinerator” digunakan untuk mengasingkan pepejal dan hidrokarbon yang tidak bertindakbalas.



Ilmenit yang telah diturunkan kemudiannya dilarutlesapkan dalam “digester” dengan 18-20% HCl pada suhu 140° C. Ferum oksida ditukarkan kepada ferum klorida yang boleh larut dan titanium dioksida wujud dalam bentuk pepejal. Larutan asid yang mengandungi asid hidroklorik dan ferum klorida dihantar ke litar kitar semula asid. Pepejal titanium dioksida yang dibasuh kemudiannya dituras dan dipanggang pada suhu 870°C untuk mendapatkan kandungan rutil sintetik yang mempunyai 94% TiO<sub>2</sub>.

Gas serombong yang terbebas hasil daripada proses pengkalsinan ditapis terlebih dahulu sebelum ia terbebas ke udara. Di dalam litar penghasilan semula, larutan asid yang berlebihan dihantar ke pengkonsentrat di mana satu perempat daripada air di dalam larutan mengalami proses sejatan. Larutan konsentrat asid kemudian akan disembur melalui pengabus. Gas ferum klorida yang terhasil kemudiannya melalui alat penyerap agar ferum oksida akan bercampur dengan air untuk membentuk pulpa dimana ia akan menjadi pulpa besi oksida sisa buangan proses pengklorinan.

## **2.3 Pigmen**

Teknik penghasilan pigmen telah bermula 20 tahun dahulu dimana ia digunakan dalam industri pengecatan, perubatan dan sebagainya. Teknologi ini mula diperkenalkan sejak tahun 1970 dan ia mula diperkembangkan sehingga kini. Pigmen boleh dibentuk setelah rutil sintetik mengalami pengisaran. Proses pengisaran akan memperbaiki sifat-sifat fizikal pigmen.

Warna semulajadi pigmen titanium dioksida ialah kuning keemasan dan nama perdagangannya adalah Hitox. Hitox adalah alternatif bagi pigmen putih. Perbezaan utama diantara pigmen putih dan pigmen Hitox adalah dari segi saiz partikel, serapan minyak dan kandungan ion besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Kandungan besi di dalam Hitox adalah diantara 1.5% sehingga 2.0% bakian berwarna kuning keemasan.

### **2.3.1 Aplikasi Hitox**

- (1) Proses penyalutan dimana Hitox Standard digunakan secara meluas dan berkesan di dalam industri automatif dan perkakas pejabat.
- (2) Hitox juga digunakan dalam industri pelekatan, kertas dan bahan bangunan.
- (3) Hitox ULX mempunyai saiz partikel yang halus dan digunakan di dalam aplikasi penyalutan prestasi tinggi dan filem plastik nipis.

### 2.3.2. Saiz Partikel

Pigmen yang dihasilkan mempunyai julat saiz yang tertentu bagi memenuhi keperluan pasaran dan permintaan pengeluar cat. Kebanyakan pigmen yang dihasilkan adalah bersaiz diantara 1- 1.5  $\mu\text{m}$ .

### 2.3.3. Prestasi

Hitox  $\text{TiO}_2$  memenuhi keperluan ASTM D-476-84 (**Standard Specification for Titanium Dioxide Pigments**) jenis II and III dikenali sebagai rintangan kapur. Proses-proses luluhawa seperti hakisan, pengangkutan dan mendapan menunjukkan bahawa rutil semulajadi adalah sama seperti warna pigmen yang lain dalam menghasilkan  $\text{TiO}_2$  putih.

Kemajuan dalam menghasilkan kualiti warna, perubahan saiz partikel yang dikehendaki bagi pigmen digunakan dalam bidang pelapikan atau pelapisan. Perbandingan Hitox STD dan Hitox ULX ditunjukkan pada Jadual 2.2.

**Jadual 2.2. Perbandingan diantara sifat fizikal Hitox STD, Hitox-ULX**

| Ciri- ciri                     | Hitox STD       | Hitox-ULX    | Putih TiO <sub>2</sub> |
|--------------------------------|-----------------|--------------|------------------------|
| Warna                          | Kuning Keemasan | Kuning Cerah | Putih                  |
| Struktur Kristal               | Rutil           | Rutil        | Rutil                  |
| Kandungan TiO <sub>2</sub>     | 95%             | 95%          | 94%                    |
| Indeks Refraktori              | 2.73            | 2.73         | 2.73                   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1.7%            | 1.7%         | N/A                    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.4%            | 0.4%         | 2.0%- 4.5%             |
| SiO <sub>2</sub>               | 1.25%           | 1.25%        | 0%- 3.0%               |
| Saiz Partikel ,d <sub>50</sub> | 1.5             | 0.75         | 0.2 - 0.3              |
| Spesifik Graviti               | 4.2             | 4.2          | 4.2                    |
| Serapan Minyak                 | 23-28           | 26-28        | 13-20                  |
| Kelembapan                     | < 0.5%          | < 0.5%       | 0.5%- 1.0%             |
| Partikel Tertahan325#          | < 0.01 %        | < 0.01 %     | < 0.01 %               |
| Pengisar Hegman                | 7.0             | 7.0          | 7.0                    |
| pH                             | 6.5- 7.5        | 6.5-7.5      | 6.5- 8.5               |

Ciri-ciri warna Hitox TiO<sub>2</sub> digunakan sebagai separa atau pengantian bagi pigmen TiO<sub>2</sub>, tetapi kelebihan dengan mencampurkannya dengan Hitox pigmen TiO<sub>2</sub> memperbaiki ciri warna dan ia mengurangkan kos pigmen berwarna.

### 2.3.3. Formula Cat

Warna biru dihasilkan melalui penyalutan dengan Hitox. Cat yang disediakan dengan Hitox TiO<sub>2</sub> mengurangkan amaun penggunaan warna campuran yang lain. Penggunaan Hitox dapat mengurangkan kos berbanding dengan pigmen putih. Walaubagaimanapun pengurangan kos juga mengambilkira sifat- sifat warna Hitox. Jadual 2.3 menunjukkan perbandingan kos diantara warna- warna pigmen yang berlainan.

**Jadual 2.3. Peratus penjimatan kos relatif di dalam pigmen total**

| Warna  | Peratus Penjimatan Kos % |
|--------|--------------------------|
| Biru   | 26                       |
| Hijau  | 29                       |
| Ungu   | 13                       |
| Jingga | 21                       |
| Kelabu | 31                       |

Warna kelabu menunjukkan penjimatan kos yang tertinggi berbanding dengan lain- lain warna.

## **2.4 Pengisar**

### **2.4.1 Pengenalan**

Permintaan yang tinggi terhadap produk partikel halus bagi industri pigmen dan perubatan membuka satu anjakan terhadap industri pengisaran. Kriteria-kriteria seperti saiz produk, ketumpatan suapan dan sifat mineralogi mempengaruhi operasi pengisaran.

Bagi menampung keperluan yang tinggi dalam industri pengisaran, pengeluaran mesin pengisar mula memberi perhatian dalam menghasilkan produk yang bermutu tinggi. Setiap mesin pengisar mempunyai rekabentuk dan mekanisme yang tersendiri.

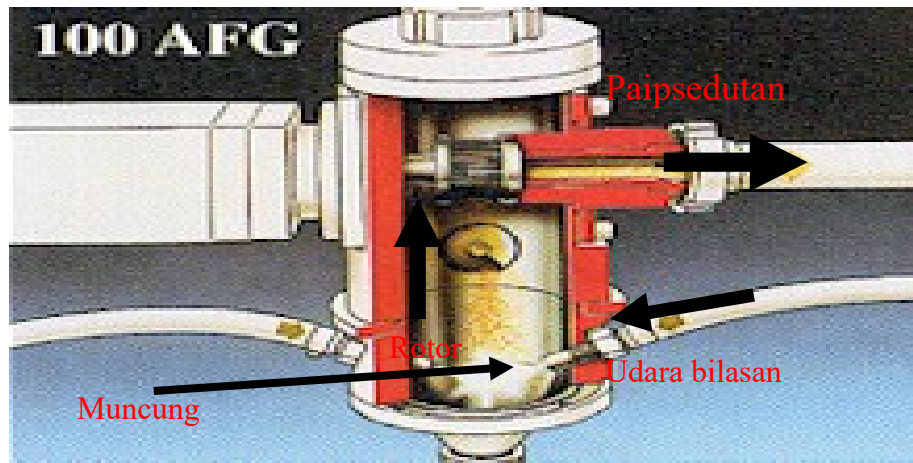
Operasi pengisaran bergantung kepada parameter-parameter yang dikawal iaitu parameter pengoperasian dan parameter rekabentuk alat pengisar tersebut. Parameter pengoperasian merujuk kepada saiz suapan dan kadar suapan, manakala rekabentuk parameter melibatkan pembolehubah–pembolehubah seperti halaju rotor dan tekanan pengisaran.

## 2.4.2 Pengisar Jet Hosokawa

### 2.4.2.1 Model pengisar Jet

Pengisar jet buatan Hosokawa Alpine Aktiengesellschaft @ co.OHG dicipta berdasarkan ciri-ciri aeronautik untuk mendapatkan satu prestasi pengisaran yang baik.

Rekabentuk bagi pengisar jet ditunjukkan pada Rajah 2.1



**Rajah 2.1: Keratan rentas pengisar jet 100 AFG**

Pengisar jet merupakan mesin pengisar yang diperbuat daripada keluli. Ia merupakan satu mesin yang statik. Terdapat beberapa bahagian utama dalam rekabentuk pengisar jet.

#### a) Bukaan suapan

Bukaan suapan merupakan bahagian utama yang menerima suapan dan ia juga adalah untuk simpanan stok bagi suapan. Kapasiti suapan yang boleh diisi adalah 3-4 kg.

b) Penyuap suapan

Penyuap suapan merupakan penyuap skru yang mengawal kemasukan suapan ke dalam kebuk pengisaran. Halaju penyuap skru boleh dikawal dan ia akan mempengaruhi kadar suapan pengisar.

c) Rotor Pengkelas

Rotor merupakan alat pengkelasan yang mengawal proses pengisaran.

d) Kebuk pengisaran.

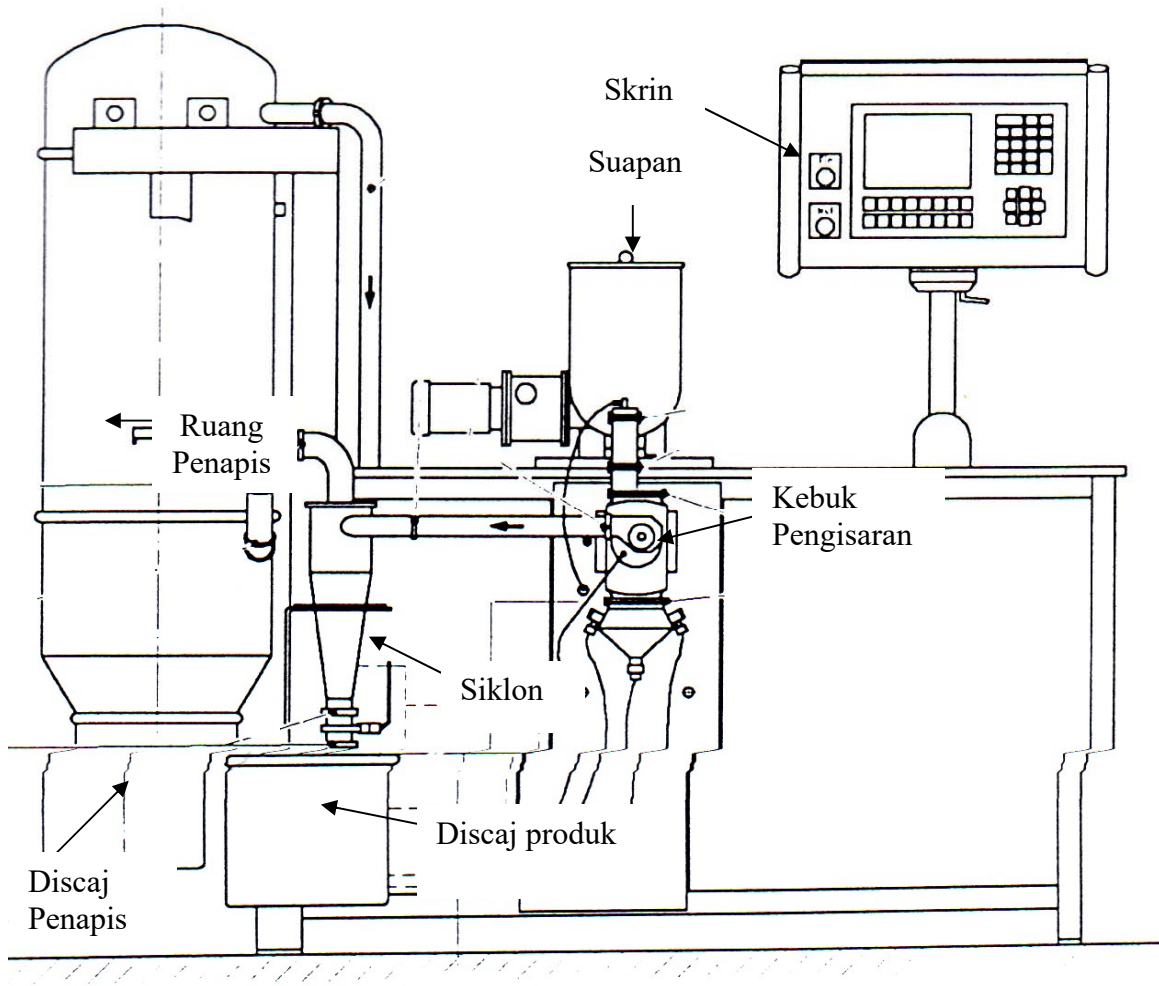
Kebuk pengisaran merupakan kawasan dimana proses pengisaran berlaku. Dinding pengisaran diperbuat daripada keluli.

e) Siklon

Suapan yang telah dikisar akan dibawa ke siklon untuk pengkelasan berlaku dimana partikel yang berat akan masuk ke discaj melalui tarikan graviti, manakala udara dan partikel yang sangat halus akan diangkut ke beg penuras



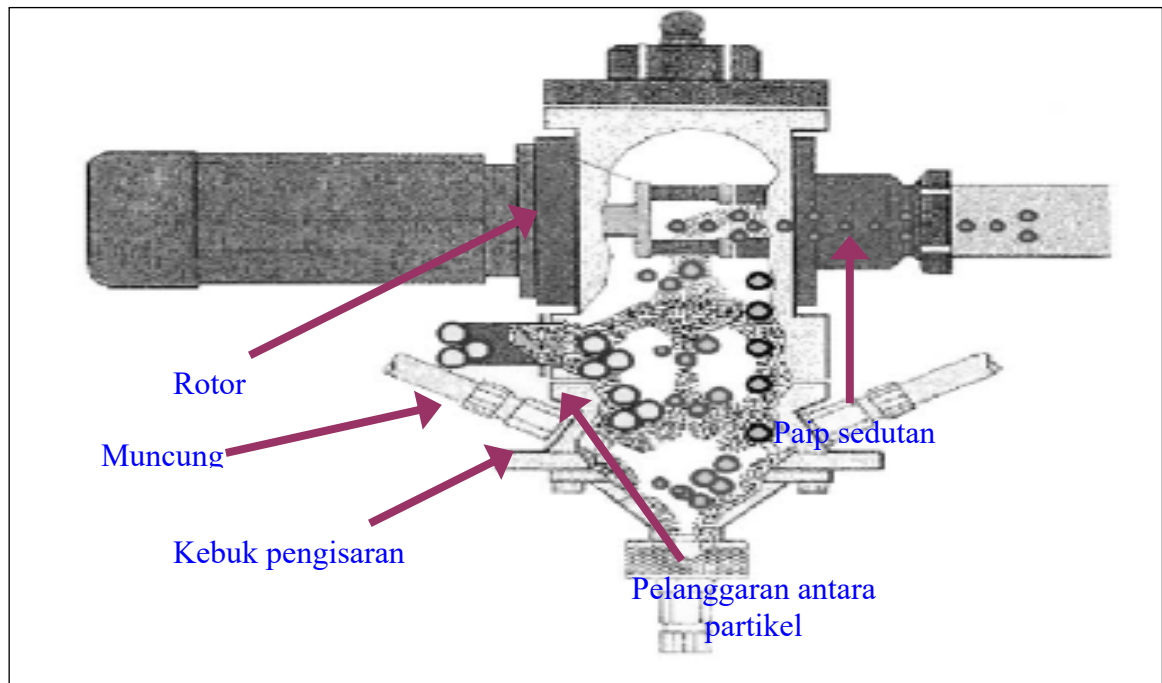
Rajah 2.2 menunjukkan sistem pengisar jet mengikut modul yang dikeluarkan oleh Hosokawa Alpine Aktiengesellschaft @ co.OHG.



**Rajah 2.2: Sistem jet pengisar 100 AFG**

### 2.4.3. Mekanisme pengisaran

Jet pengisar 100AFG Hosokawa merupakan alat pengisaran “autogenous.” Mekanisme pengisaran yang berlaku adalah perlanggaran diantara partikel dengan partikel pada kelajuan yang tinggi. Rajah 2.3 menunjukkan mekanisme pengisaran yang berlaku didalam pengisar jet.



**Rajah 2.3: Mekanisme pengisaran model 100 AFG**

Rotor berupaya memecutkan partikel sehingga 15000 pusingan per minit dimana tenaga kinetik partikel akan meningkat dan pengurangan saiz berlaku apabila partikel berlanggar antara partikel dalam rotor. Partikel akan bergeser dan berlanggar antara satu sama lain didalam kebuk pengisaran. Partikel yang dipecutkan dengan halaju yang tinggi tidak akan mengalir balik pada muncung yang terletak pada hujung pengisar.

Produk akhir dengan peratus ketulenan yang tinggi dapat dihasilkan dimana produk akhir akan dikumpul pada discaj yang terdapat pada bahagian bawah. Saiz partikel

yang halus akan dikumpul dan saiz yang kasar akan mengalir masuk ke dalam kebuk pengisaran dan akan dipecutkan kepada rotor dengan bantuan udara bilasan dari muncung kebuk pengisaran untuk pengisaran semula.

#### **2.4.2.1 Parameter kawalan pengisar jet**

Tiga parameter perlu dikawal semasa mengendalikan pengisar jet memandangkan objektif kajian adalah untuk mengoptimumkan mesin pengisar. Parameter-parameter yang boleh dikawal ialah halaju rotor, kadar suapan dan tekanan pengisaran.

##### **A) Halaju rotor**

Halaju rotor memainkan peranan yang penting dalam menentukan proses pengisaran berlaku dengan berkesan. Partikel yang dipecutkan akan memasuki kebuk pengisaran melalui rotor. Pertambahan halaju rotor akan meningkatkan tenaga kinetik partikel.

##### **B) Kadar suapan**

Kadar suapan merupakan parameter awal yang perlu dikawal sebelum pengisaran berlaku. Kadar suapan yang berbeza akan memberi taburan saiz partikel yang berbeza. Jika kadar suapan yang rendah digunakan ia akan memberi partikel yang halus manakala kadar suapan yang tinggi akan menghasilkan partikel yang kasar.

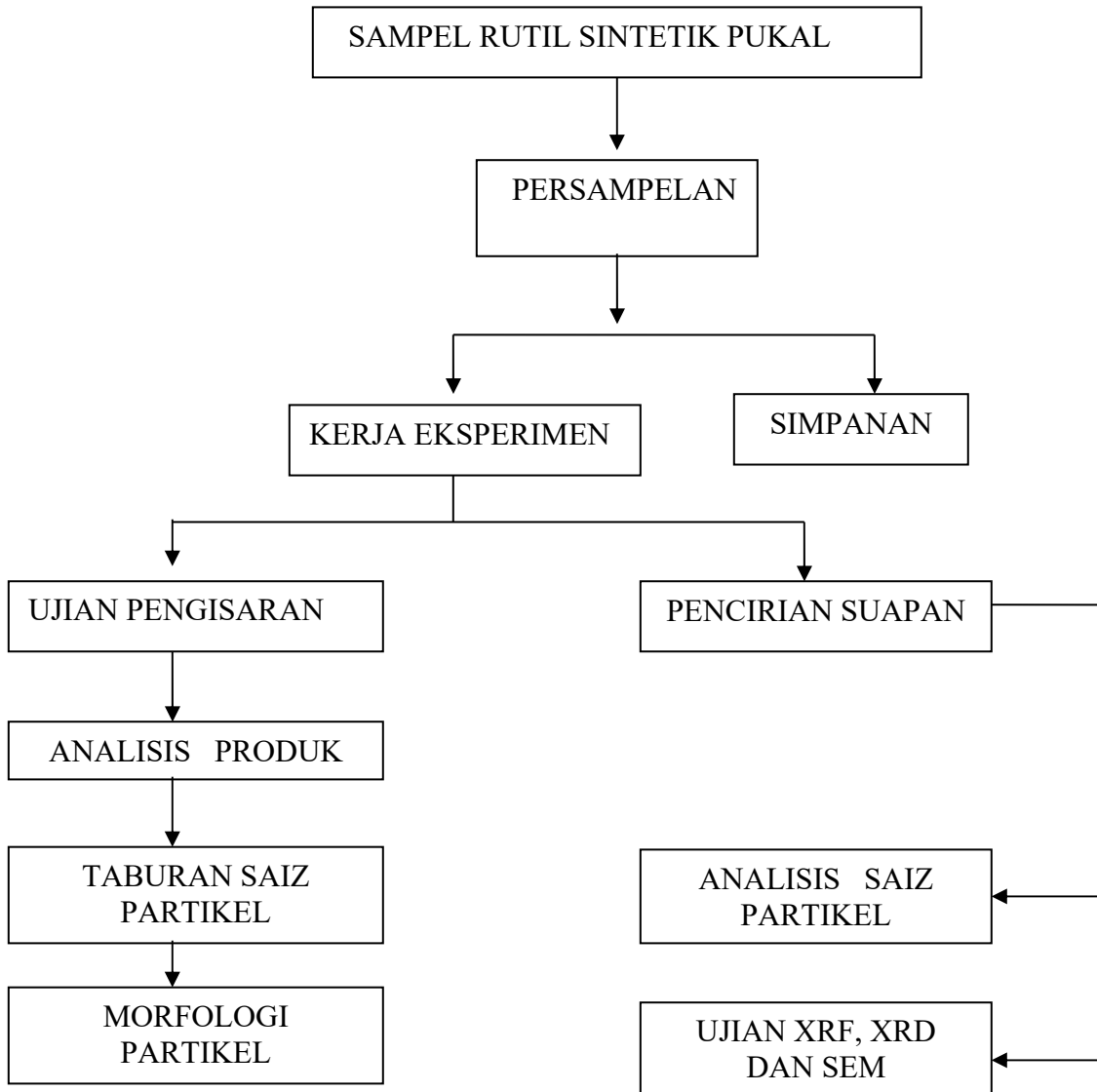
##### **C) Tekanan pengisaran.**

Tekanan udara merupakan satu daya yang akan memecutkan partikel memasuki rotor. Tekanan yang digunakan bermula dari 3 bar sehingga 6 bar. Tekanan pengisaran yang tinggi akan menghasilkan saiz partikel yang halus.

## BAB 3: METHODOLOGI

### 3.1. Rangka kerja pelaksanaan kajian

Perlaksanaan kerja bagi kajian projek ini dilakukan berpandukan carta alir yang ditunjukkan Rajah 3.1



Rajah 3.1: Carta alir kaedah kajian

### 3.2. SUAPAN

Suapan yang digunakan bagi kerja pengisaran adalah rutil sintetik. Rutil sintetik dihasilkan setelah melalui beberapa proses fizikal dan kimia seperti penurunan, pelarutlesapan dan pengkalsinan. Rutil sintetik yang dihasilkan akan melalui proses pengisaran bagi membentuk pigmen.

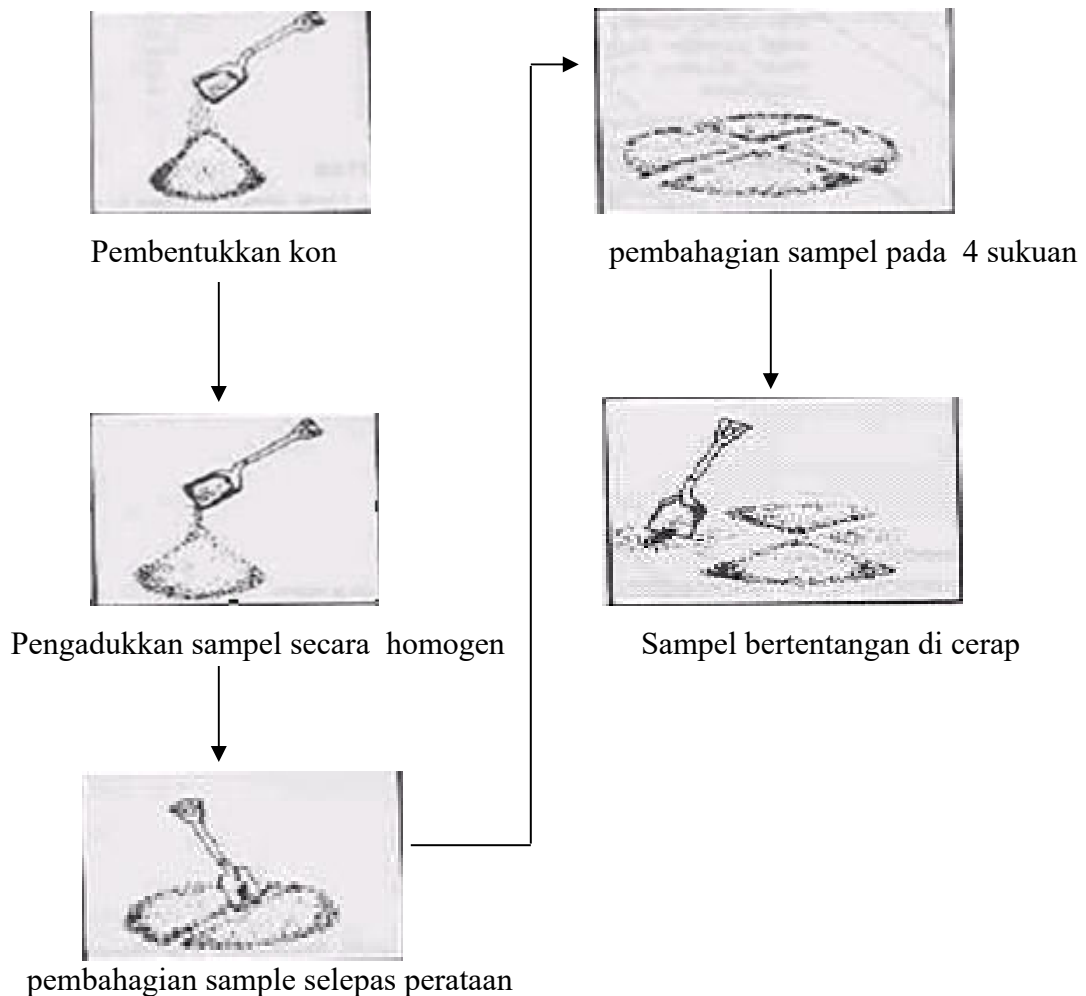
Rutil sintetik yang digunakan dalam kerja pengisaran adalah keluaran syarikat Tor Minerals yang terletak di Ipoh, Perak. Tor minerals menggunakan ilmenit sebagai bahan mentah bagi menghasilkan rutil sintetik. Pembekal utama mineral ilmenit adalah Syarikat Pendorong yang terletak di Ipoh. Ilmenit diperolehi daripada bekas-bekas lombong bijih timah dari Bidor dan Kampar. Pengeluar utama ilmenit di Malaysia adalah negeri Perak.

Mineral rutil biasanya bersekutu dengan mineral-mineral yang lain seperti zirkon, hematit, rubidium dan unsur radioaktif. Pemisahan fizikal biasanya dilakukan bagi memisahkan mineral yang berharga dengan mineral reja. Pemisahan biasanya dilakukan dengan bantuan pemisah magnetik , hidrosiklon dan sebagainya.

Rutil sintetik yang bergred tinggi merupakan mineral yang mengalami pemisahan yang baik dan ia mempunyai peratus kandungan rutil yang tinggi. Penyingkiran bendasing seperti unsur besi akan menjimatkan operasi pengisaran.

### 3.3 Pensampelan

Pensampelan merupakan satu langkah awal untuk menentukan keberkesanan kajian yang akan dijalankan. Sampel diambil secara rawak bagi mewakili keseluruhan sample pukal. Komposisi dan kandungan serbuk yang dikaji haruslah sama seperti yang hadir dalam sample pukal. Secara teori, setiap partikel haruslah dipilih secara sama rata agar ia tidak menjejaskan keputusan eksperimen yang hendak dijalankan. Secara umumnya, dua kaedah yang biasa digunakan dalam pensampelan adalah kaedah kon sukuan (cone and quartering) and quartering) dan kaedah Riffle Box. Kaedah pensampelan yang dipilih adalah kaedah kon sukuan. Rajah 3.2 menunjukkan langkah-langkah untuk kaedah kon dan sukuan.



Rajah 3.2: Langkah –langkah pensampelan.

### **3.3.1 Kaedah kon dan sukuan.**

Penggunaan kaedah ini merupakan satu kaedah pensampelan yang biasa digunakan dan dijalankan berdasarkan kepada taburan partikel secara semulajadi dalam satu kelompok untuk mendapatkan sampel perwakilan yang sekata. Walaubagaimanapun, kaedah ini kadangkala akan menghasilkan suatu taburan yang kurang tepat. Perkara ini disebabkan oleh julat saiz yang terlalu ketara memberi berat pecahan sampel yang berbeza jika pembahagian pecahan longgokan tidak dilakukan dengan betul.

Terdapat dua peringkat yang utama dalam kaedah kon dan sukuan, iaitu pelonggokan serbuk sampel secara pembauran dalam bentuk kon secara rawak apabila partikel tersebut jatuh dari puncak kon. Kaedah ini akan menghasilkan suatu taburan saiz sampel yang berbeza dimana sampel yang bersaiz kecil dan ringan akan bertabur pada bahagian atas manakala sampel yang bersaiz besar dan berat lebih cenderung untuk bertabur pada bahagian dasar kon.

Peringkat kedua pula melibatkan pembahagian sampel berbentuk kon kepada empat bahagian dengan andaian bahawa setiap sukuan akan memberikan suatu taburan partikel yang sama dan sekata dari segi saiz dan berat. Pembahagian ini akan dilakukan dengan menggunakan palang pembahagi yang ditekan daripada bahagian puncak sampel yang berbentuk kon tadi.

## **Prosedur**

1. Sampel yang telah dikeringkan dilonggokkan dan dibaur secara sekata bagi mendapatkan suatu julat taburan yang sekata.
2. Sampel tersebut dikumpul untuk menghasilkan bentuk kon. Bentuk kon ini terhasil apabila sampel ditimbunkan di bahagian tengah longgokan dan dibiarkan jatuh secara rawak sehingga membentuk satu puncak longgokan yang sekata.
3. Longgokan kon tadi dibahagikan kepada empat bahagian dengan menggunakan alat pembahagi dari puncak kon dan setiap sukuan batuan yang terhasil seharusnya mengandungi taburan partikel yang sekata.
4. Prosedur 2-3 diulangi apabila terdapat sukuan yang tidak sekata dari segi taburan saiz.
5. Dua bahagian sukuan bertentangan yang dibahagi tadi diambil dan dilonggokkan semula. Prosedur 1-3 diulangi
6. Prosedur 1-5 kemudian diulangi sehinggalah suatu sampel perwakilan dengan jisim yang dikehendaki diperolehi.
7. Sampel yang diperolehi mengikut jisim yang dikehendaki ini dianggap mewakili longgokan pukal yang asal.



### **3.4. Rekabentuk eksperimen.**

Tiga komponen utama **Design-Expert 6.0.6** merangkumi rekabentuk, analisis dan pengoptimuman. Pemilihan jenis rekabentuk boleh dibuat berdasarkan empat jenis kategori iaitu faktorial, respon, gabungan dan proses gabungan silang. Rekabentuk faktorial telah digunakan untuk menjalankan eksperimen ini. Rekabentuk faktorial di hasilkan dengan menggunakan perisian State-ease.

Rekabentuk faktorial adalah kaedah yang paling sesuai untuk di gunakan dalam mengkaji lebih daripada dua faktor. Kelebihan menggunakan rekabentuk faktorial adalah ia mudah dan senang untuk difahami. Rekabentuk eksperimen ditunjukkan pada Jadual 3.1.