

Pemisahan Zarah Mengguna Teknik Ayak: Kesan Parameter Pengoperasian ke atas Kecekapan

Siti Masrinda Tasirin
Chang Wun Ching

ABSTRAK

Proses pemisahan campuran zarah dengan saiz yang berbeza-beza kepada dua pecahan hasil atas yang kasar dan hasil bawah yang halus menggunakan kaedah pengayakan adalah di gunakan secara meluas, dan masih mengekalkan prinsip asas sejak beribu tahun dahulu. Di sebalik kelebihan seperti pengoperasian yang mudah dan kos penyelenggaraan yang rendah, kecekapan proses pemisahan keseluruhananya adalah penting bagi mengoptimumkan kos serta penghasilan. Untuk ini, kajian telah dijalankan menggunakan campuran pepejal yang terdiri daripada zarahan pasir dan manik kaca, bagi mengetahui kesan parameter-parameter pengoperasian iaitu tempoh pengayakan, frekuensi getaran, kandungan zarah kasar dan jumlah muatan suapan, ke atas kecekapan keseluruhan proses. Hasil kajian telah berjaya menghasilkan satu hubungan am yang mana keadaan pengoperasian yang memberikan kecekapan proses yang paling optimum dapat ditentukan.

ABSTRACT

Separation of solid mixtures of different particle sizes into two size grades by means of a screening surface is widely used. For thousands of years the fundamental principle of screening has been and still is maintained. Despite of the advantages such as easy operation and low cost of maintenance, the overall efficiency of the process is of importance for optimization purposes. In this case, investigation on the effect of several operating parameters such as time, vibration frequency, percentage of coarse (oversize) in the feed material and total loading on the overall efficiency of the separation process has been carried out using solid mixtures of sand and glass beads. A general form of empirical correlation has been obtained, from which suitable operation conditions for optimum process efficiency may be determined.

PENDAHULUAN

Pengayakan adalah satu proses untuk memisahkan campuran zarahan yang mempunyai pelbagai saiz kepada dua atau lebih bahagian oleh permukaan ayakan. Permukaan ini mempunyai berbilang bukaan yang mempunyai geometri dan saiz yang setara di antara satu sama lain. Bahan yang kekal di atas permukaan ayakan digelar sebagai zarah saiz atas manakala zarah yang dapat menerusi permukaan ayakan digelar sebagai zarah saiz bawah, dan bahan yang tersangkut pada bukaan adalah digelar sebagai bahan perantaraan. Semenjak beribu tahun yang lalu, iaitu di awal zaman kerajaan Mesir, prinsip asas pengayakan masih kekal serta digunakan untuk kesemua proses

pengayakan yang diketahui, bermula daripada proses ayakan tangan primitif sehingga pengayakan menggunakan alat industri yang moden dan termaju di zaman ini (Karmazin dan Heiskanen 1998; Schubert 1989; Taggart 1960). Bergantung kepada kaedah yang digunakan, zarahan akan bergerak di seluruh permukaan ayakan dengan dipengaruhi oleh daya graviti, daya emparan, gerakan permukaan ayakan, daya hidrodinamik, daya aerodinamik, daya hentaman, daya geseran dan daya kejelekitan, terutama bagi zarah yang kecil dengan saiz kurang daripada $50\mu\text{m}$.

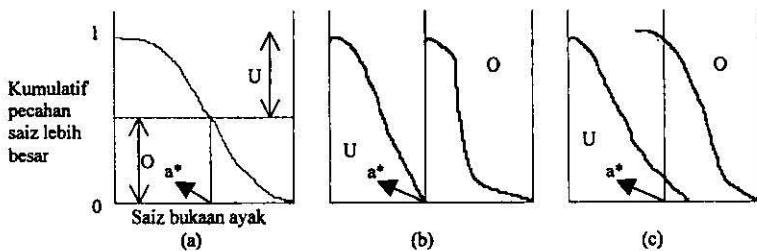
Dalam kebanyakan keadaan, zarahan akan membentuk satu lapisan di atas permukaan ayakan di mana gerakan setiap satunya tidak dapat dikawal secara individu. Zarahan tersebut bergerak, melompat, menggelongsar dan berguling di atas permukaan tadi secara rawak dengan terdapat interaksi di antara zarah-zarah dan juga dinding ayakan. Permisahan zarah halus ditentukan terutamanya oleh kepekatananya berhampiran dengan permukaan bukaan ayakan. Zarah yang cukup halus hanya akan dapat menembusi ayakan jika konfigurasinya relatif kepada bukaan yang sesuai. Bagi zarah yang tidak isometrik, maka, paksi zarah itu mesti berjajar dengan permukaan ayakan dan pusat graviti zarah itu mesti berada di atas bukaan ayakan. Di samping itu, kuantiti bahan pada ayakan mesti dalam keadaan yang kurang, dengan itu zarah yang halus dapat menembusi tanpa halangan daripada zarah kasar. Sementara bagi zarah kasar dengan saiz hampir menyamai saiz bukaan ayakan, pemisahan adalah satu proses yang rawak, bergantung kepada orientasi zarahan tersebut di atas permukaan bukaan ayakan.

Bahan yang disuapkan ke permukaan ayakan dianggap terdiri daripada dua bahagian, iaitu pecahan saiz atas (oversize) terdiri daripada zarah-zarah yang terlalu kasar untuk menembusi pembukaan ayakan, dan pecahan saiz bawah (undersize) terdiri daripada zarah-zarah yang terlalu halus yang tidak tersangkut dalam ayakan. Kecekapan ayakan atau kecekapan pemisahan, adalah menunjukkan darjah kejayaan yang didapati daripada pemisahan dua pecahan itu.

Proses ayakan biasanya adalah berterusan, di mana bahan disuapkan pada keadaan mantap ke bekas ayakan yang bergetaran. Secara relatifnya, bahan hanya berada di atas permukaan ayakan pada masa yang singkat. Semasa proses ayakan, zarah yang boleh menembusi pembukaan ayakan akan dihalang oleh gerakan ayakan dan juga oleh kehadiran zarah-zarah lain. Gangguan oleh zarah-zarah, di samping masa mastautin zarah pada permukaan ayakan yang singkat mengakibatkan ketidakcekapan pada proses pemisahan tersebut.

Tidak ada takrifan umum yang boleh diterima bagi istilah kecekapan untuk proses ayakan. Pelbagai industri akan mengambil takrifan yang paling mudah dan memenuhi keperluan mereka. Berikutnya adalah analisis yang biasa digunakan.

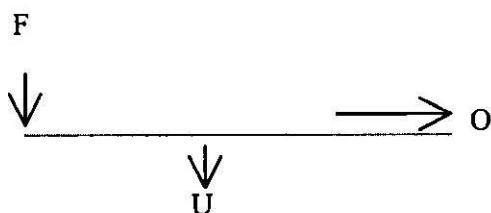
Perbezaan antara operasi ayakan unggul dan sebenar adalah ditunjukkan secara graf dalam Rajah 1. Rajah 1(a) memberi analisis ayakan bagi bahan suapan, di mana kumulatif pecahan saiz lebih besar diplotkan melawan saiz bukaan ayakan. Untuk pemisahan unggul, analisis ayakan bagi dua pecahan seperti yang ditunjukkan oleh Rajah 1(b), tiada zarah-zarah yang lebih kecil daripada a^* wujud dalam pecahan hasil atas, O , (di mana a^* ialah saiz bukaan ayak yang digunakan di dalam proses pemisahan di atas), dan tiada zarah-zarah yang lebih besar daripada a^* wujud dalam pecahan hasil bawah, U .



RAJAH 1. Graf kumulatif pecahan saiz lebih besar (a) stok suapan, (b) pemisahan unggul, (c) ayakan sebenar (a^* = saiz bukaan ayak diguna bagi proses pemisahan, O = hasil atas, U = hasil bawah)

Walau bagaimanapun, secara praktikal saiz zarah-zarah yang tidak diingini akan wujud dalam aliran hasil atas, O , dan hasil bawah, U . (Rajah 1(c)).

Proses pemisahan secara ayakan dengan suapan, F , hasil atas, O , dan hasil bawah, U , adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.



RAJAH 2. Imbangan jisim ayakan

Jika F , O dan U mewakili aliran jisim, maka keseimbangan keseluruhan bagi proses itu adalah,

$$F = O + U \quad (1)$$

dan imbangan bagi saiz atas yang kasar adalah diberikan oleh,

$$Fx_F = Ox_o + Ux_U \quad (2)$$

di mana x_F , x_o dan x_U adalah masing-masing pecahan saiz atas (zarai kasar) di dalam suapan, hasil atas dan hasil bawah.

Bagi ayakan unggul,

$$Ox_o = Fx_F \quad (3)$$

Dengan perkataan yang lain, semua sampel saiz atas yang hadir dalam stok suapan akan akhirnya berada di aliran atas. Bersamaan juga dengan semua saiz bawah sampel mesti berakhir dalam aliran bawah dalam proses yang ideal.

Bagi ayakan yang sebenar terdapat dua takrifan tentang kecekapan. Pertama, kecekapan E_i yang memberi kejayaan mengukur terhadap zarahan saiz atas dalam aliran hasil atas, iaitu,

$$E_i = \frac{Ox_o}{Fx_F} \quad (4)$$

dan bagi yang lain, E_2 , di mana yang berkaitan dengan terdapatnya sampel saiz bawah di dalam aliran hasil bawah, iaitu,

$$E_2 = \frac{U(1-x_u)}{F(1-x_f)} \quad (5)$$

Bagi operasi ayakan yang lengkap, dengan itu, kecekapan ayakan keseluruhan, E , dapat ditakrifkan sebagai hasil darab kedua-dua kecekapan kecekapan yang diberi oleh persamaan (4) dan (5) tadi, iaitu,

$$E = E_1 E_2 \quad (6)$$

Walaupun diketahui bahawa teknik pengayakan adalah teknik tertua dan terbanyak diguna di dalam proses pemisahan fizikal zarahan, namun pada hakikatnya, proses ini tidak mendapat perhatian saintifik sebagaimana yang sepatutnya. Ini terbukti daripada kertas kerja yang diterbitkan oleh Leschonski (1979), Standish (1985). Justeru, kertas kerja ini memaparkan membincang keputusan bagi kajian yang telah dijalankan bagi mengetahui kesan parameter-parameter pengoperasian iaitu tempoh pengayakan, frekuensi getaran, kandungan zarah kasar dan jumlah muatan suapan, ke atas kecekapan keseluruhan proses pemisahan zarahan. Ini diharap dapat membantu industri tertentu di mana pemisahan zarahan kepada dua produk berasingan dikehendaki.

TATACARA UJI KAJI

Bagi menggambarkan proses pemisahan campuran zarahan kepada dua pecahan yang berbeza saiznya, yang banyak dijumpai di industri seperti proses pemisahan bijirin makanan, bahan pembinaan seperti pasir dan sebagainya, maka kajian telah dilakukan menggunakan campuran zarah pasir dengan saiz purata $350 \mu\text{m}$ serta keseferaan 0.86, dan manik kaca berbentuk bulat dengan saiz purata 2.5mm. Tujuan menggunakan contoh zarahan yang mempunyai perbezaan saiz ketara, seperti manik kaca dan pasir ini adalah bagi memastikan pengiraan kecekapan proses yang tepat, disebabkan saiz potongnya yang nyata.

Di dalam kajian ini manik kaca dicampurkan kepada zarah pasir pada beberapa nilai peratusan jisim tertentu. Campuran yang dihasilkan seterusnya dijadikan bahan suapan untuk ujikaji ini. Untuk bahan suapan yang terhasil, pasir adalah dirujuk sebagai zarah saiz bawah yang halus, sementara manik kaca pula sebagai zarah saiz atas yang kasar.

Mesen ayak yang diguna di dalam kajian ini mempunyai alat penggetar yang bergetar secara mengufuk dengan nilai frekuensi yang dapat dikawal oleh sebuah "inverter", dan adalah sebuah mesen ayak siri Tyler dengan piawaian ASTM. Hanya satu saiz bukaan yang telah digunakan iaitu saiz bukaan 2.0 mm yang akan memisahkan bahan campuran kepada dua bahagian, iaitu *hasil atas (kasar)* dan *hasil bawah (halus)*. Kesan parameter pengoperasian seperti tempoh masa ayakan, berat suapan, frekuensi getaran dan kandungan atau peratusan zarah kasar di dalam suapan dikaji bagi mendapatkan hubungkait dengan kecekapan keseluruhan proses pemisahan. Jadual 1 menunjukkan nilai-nilai parameter uji kaji yang digunakan dalam

kajian ini. Untuk ini persamaan (6) telah digunakan bagi mengira kecekapan proses yang telah dilakukan.

JADUAL 1. Pembolehubah yang dikaji

| Pemboleh-ubah ujikaji | Julat nilai dikaji |
|--|--------------------|
| Tempoh masa ayakan (s) | 5-200 |
| Frekuensi getaran (Hz) | 2, 4, 6 |
| Peratus jisim zarah kasar (zarah saiz atas) (%) | 30, 50, 70 |
| Jisim suapan (g) | 200, 300, 400, 500 |

HASIL KAJIAN

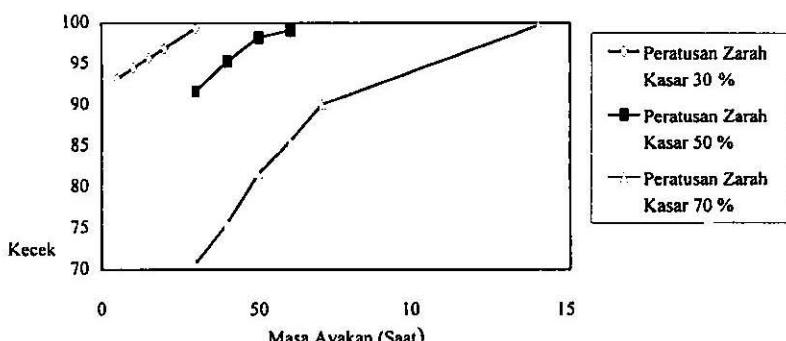
KAJIAN KESAN MASA AYAKAN TERHADAP KECEKAPAN AYAKAN

Daripada ujikaji yang telah dijalankan, didapati bahawa peningkatan masa ayakan akan secara langsung memberikan peningkatan kepada kecekapan ayakan. Ini dapat dibuktikan dengan memerhatikan Rajah 3, graf kecekapan ayakan melawan masa pada peratusan zarah kasar yang berlainan, dengan frekuensi getaran 2 Hz dan muatan campuran 200g.

Peningkatan masa ayakan akan menyebabkan peningkatan kecekapan. Ini dapat diterangkan, dengan peningkatan masa lebih banyak peluang kepada zarah-zarah halus iaitu pasir untuk sampai ke dasar permukaan ayakan lalu menembusi bukaan tersebut didapati. Jika campuran zarahan digetarkan sehingga menyebabkan pergerakan zarahan, penyusunan semula dalam campuran zarahan berlaku, menghasilkan celahan-celahan antara zarah dan membenarkan zarahan halus bergerak ke bawah.

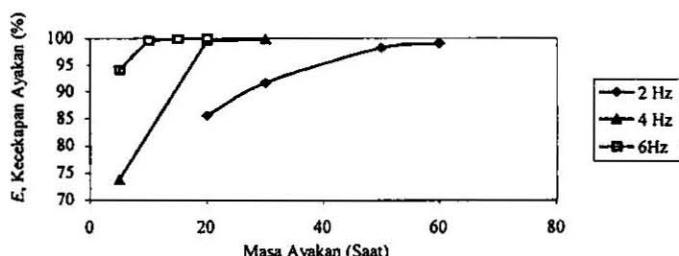
KAJIAN KESAN FREKUENSI TERHADAP KECEKAPAN AYAKAN

Daripada Rajah 4, dapat juga diperhatikan bahawa dengan meningkatnya frekuensi getaran, kecekapan ayakan turut meningkat. Dalam campuran zarah-zarah kasar dan halus, getaran ayakan akan menyebabkan zarahan menyusun semula kedudukan masing-masing di dalam lapisan. Zarah halus



RAJAH 3. Graf kecekapan ayakan, E , melawan masa ayakan, t , pada peratusan zarah kasar berlainan, dengan frekuensi getaran 2 Hz dan muatan campuran 200 g

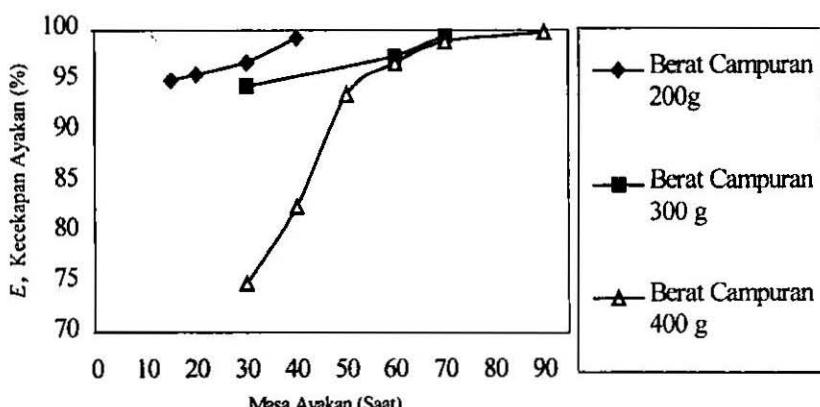
akan berada di dasar permukaan ayakan sementara zarah kasar pula berada di bahagian atas lapisan. Keadaan ini berlaku walaupun ketumpatan zarahan kasar adalah lebih tinggi daripada zarahan halus. Menggunakan frekuensi getaran yang lebih tinggi, masa bagi proses pemisahan menjadi lebih singkat. Sekiranya frekuensi getaran ayakan yang rendah digunakan, ia akan mengurangkan kecekapan ayakan. Namun, peningkatan kecekapan ayakan dapat dilakukan dengan mengurangkan muatan campuran atau peratusan zarah kasar, ataupun memanjangkan masa ayakan. Pada suatu masa tertentu, peningkatan kecekapan ayakan adalah sedikit dan tidak bermakna lagi dengan masa ayakan yang lebih panjang. Walau bagaimanapun, kesimpulan dapat dibuat bahawa kecekapan ayakan adalah berkadar dengan frekuensi getaran.



RAJAH 4. Graf kecekapan ayakan, E , melawan masa ayakan, t , pada frekuensi getaran berlainan, peratusan zarah kasar 50 % dan muatan campuran 200 g

KAJIAN KESAN MUATAN SUAPAN TERHADAP KECEKAPAN AYAKAN

Daripada Rajah 5, didapati semakin tinggi muatan suapan semakin kurangnya kecekapan ayakan. Ini dapat diterangkan bahawa muatan campuran yang tinggi menyukarkan pergerakan zarah-zarah terutama zarah halus untuk sampai ke permukaan bukaan ayakan. Semakin meningkat semakin terhad pergerakan zarah menyebabkan semakin kurang kecekapan proses. Dengan itu, muatan yang tinggi mengambil masa yang panjang untuk mencapai kecekapan ayakan yang tinggi. Daripada kajian yang dibuat dapat dibuat

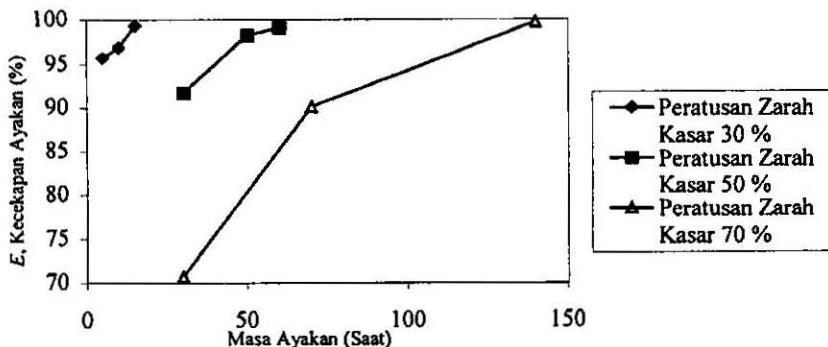


RAJAH 5. Graf kecekapan ayakan, E , melawan masa ayakan, t , pada muatan campuran berlainan, dengan frekuensi getaran 2 Hz dan peratusan zarah kasar 30%

kesimpulan bahawa kecekapan ayakan adalah berkadarans songsang dengan peningkatan muatan campuran.

KAJIAN PERATUSAN ZARAH KASAR TERHADAP KECEKAPAN AYAKAN

Daripada Rajah 6, dapat diperhatikan bahawa peningkatan peratusan zarah kasar akan mengurangkan kecekapan ayakan. Ini dapat diterangkan bahawa zarah-zarah kasar ini seakan-akan menutup bukaan ayakan dengan menghalang zarah-zarah halus daripada menembusi bukaan ayakan. Ini bertambah buruk lagi kerana zarah-zarah yang kasar adalah lebih berat berbanding dengan zarah-zarah halus. Apabila zarah kasar sampai ke dasar ayakan, pergerakan zarah kasar ini menjadi sukar malahan kadang-kala zarah kasar ini tersumbat dan tersangkut di bukaan ayakan. Secara tidak langsung, keadaan ini membentuk satu permukaan yang menutup bukaan ayakan dan menghalang zarah-zarah halus daripada menembusi bukaan ayakan. Dengan itu, keadaan ini mengakibatkan masa yang lama diambil untuk mencapai kecekapan ayakan yang tinggi dengan peningkatan peratusan zarah kasar dalam campuran. Kesimpulannya, kecekapan ayakan adalah berkadarans songsang dengan peratusan zarah kasar dalam campuran.



RAJAH 6. Graf kecekapan ayakan, E , melawan masa ayakan, t , pada peratusan zarah kasar berlainan, dengan frekuensi getaran 2 Hz dan muatan suapan 200 g

KAJIAN PERUBAHAN PARAMETER-PARAMETER DENGAN NILAI KECEKAPAN AYAKAN PURATA

Rajah-rajan 7, 8, 9 dan 10 merupakan graf bagi nilai purata kecekapan ayakan yang telah didapati daripada kesemua ujikaji yang telah dilakukan, diplot melawan parameter-parameter yang dikaji, iaitu masa, frekuensi getaran, peratusan zarah kasar dan muatan suapan. Daripada keempat-empat graf yang diplotkan itu, didapati kecekapan ayakan berkadarans dengan masa dan frekuensi getaran manakala berkadar songsang dengan peratusan zarah kasar dan muatan campuran.

Namun, daripada graf-graf yang diplotkan dan persamaan-persamaan yang didapati daripada graf adalah didapati bahawa peningkatan dalam kecekapan ayakan lebih cepat bagi parameter masa berbanding dengan frekuensi getaran. Maka masa memainkan peranan yang besar untuk proses ayakan mencapai kecekapan ayakan yang tinggi. Di sebaliknya, penurunan kecekapan ayakan adalah lebih cepat bagi parameter muatan suapan

berbanding dengan peratusan zarah kasar dalam campuran. Ini bermakna muatan suapan yang tinggi akan menurunkan kecekapan ayakan lebih cepat berbanding dengan kehadiran peratusan zarah kasar dalam campuran

Daripada gabungan persamaan-persamaan yang didapati di atas, persamaan hubungan antara kecekapan ayakan dengan parameter-parameter masa ayakan, frekuensi getaran, peratusan zarah kasar dan muatan campuran bagi campuran pasir dan manik kaca dapat dituliskan sebagai,

$$\text{Kecekapan Ayakan} \propto t^{0.04} f^{0.0204} P^{-0.0184} C^{-0.0952} \quad (7)$$

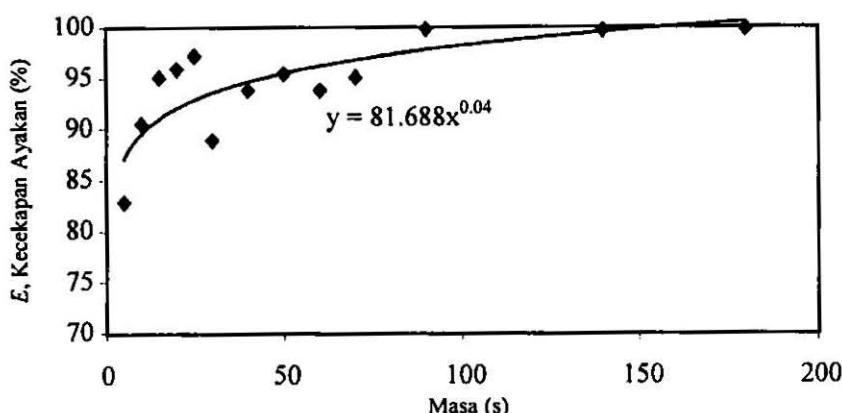
dengan

t = Masa ayakan (saat)

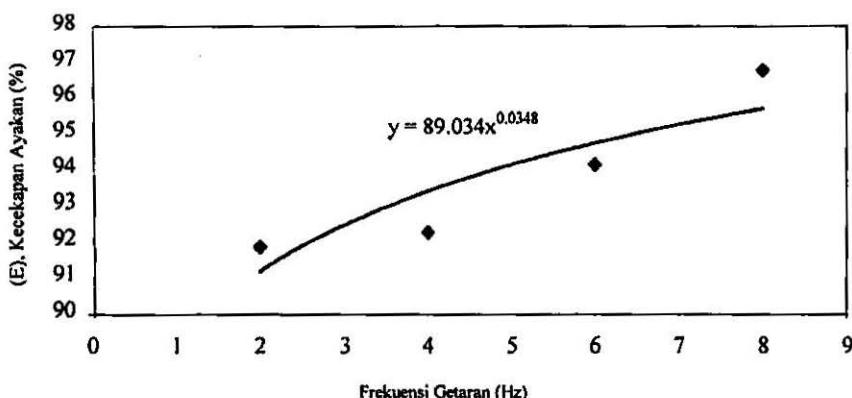
f = Frekuensi getaran (Hz)

P = Peratusan zarah kasar dalam campuran (%)

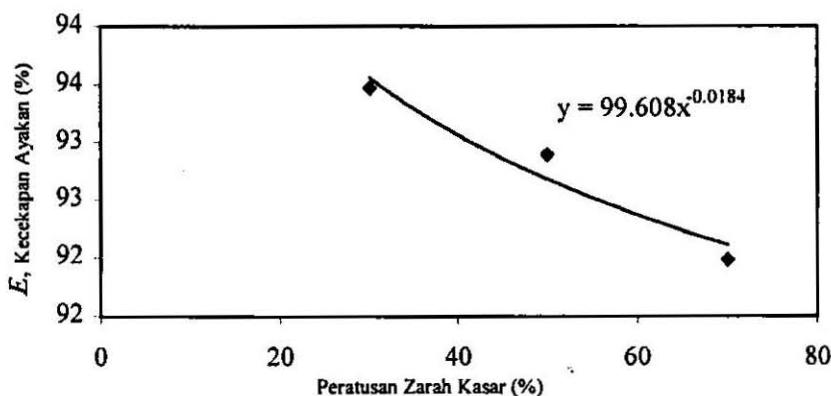
C = Muatan campuran (kg)



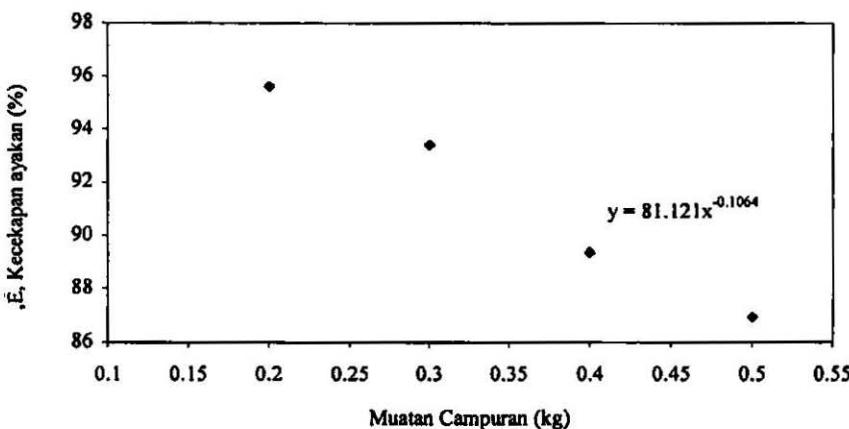
RAJAH 7. Graf kecekapan ayakan purata, E , melawan masa, t



RAJAH 8. Graf kecekapan ayakan purata, E , melawan frekuensi getaran, f



RAJAH 9. Graf kecekapan ayakan purata, E , melawan peratusan zarah kasar, P



RAJAH 10. Graf kecekapan ayakan purata, E , melawan muatan suapan, C

HUBUNGAN ANTARA KECEKAPAN AYAKAN DENGAN MASA, FREKUENSI GETARAN, PERATUSAN ZARAH KASAR DAN MUATAN SUAPAN

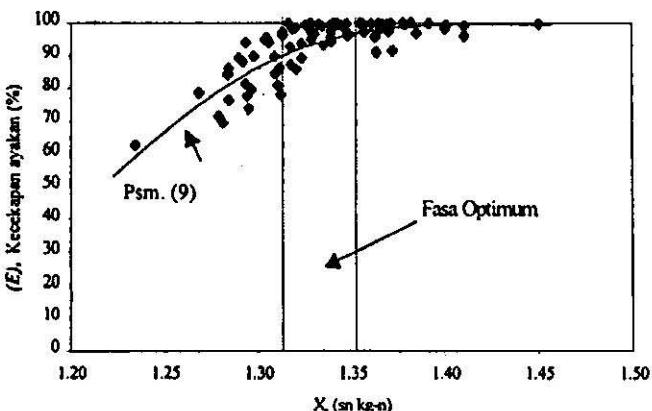
Daripada Rajah 11, nilai X adalah daripada persamaan (7) yang dapat dituliskan sebagai,

$$X = \alpha (t^{0.04} f^{0.035} P^{-0.018} C^{-0.106}) \quad (8)$$

dengan

- α = Pemalar zarahan (zarah berlainan mempunyai nilai pemalar yang berbeza)
- = (Dari Rajah 7 – 10)
- = 0.8995 (Campuran pasir dan manik kaca)

Nilai X ini dapat dihitung dengan mengantikan nilai-nilai yang didapati daripada uji kaji ayakan, iaitu masa ayakan, frekuensi ayakan, peratusan zarah kasar dan muatan suapan. Daripada nilai-nilai yang didapati ini, graf kecekapan ayakan melawan nilai X diplot seperti yang dapat diperhatikan di Rajah 11.

RAJAH 11. Graf kecekapan ayakan, E melawan X

Daripada hubungan sekaitan yang didapati ini, dapat diperhatikan bahawa garis lengkung yang dilukis menghampiri asimptot di kecekapan 100% ataupun dapat dinyatakan dalam persamaan berbentuk berikut,

$$E = 100[1 - \exp(-X)] \quad (9)$$

ataupun

$$E = 100[1 - \exp(-0.8995f^{0.04}P^{0.035}C^{-0.106})] \quad (10)$$

di mana

$$E = \text{Kecekapan ayakan (\%)}$$

Daripada persamaan yang didapati, asimptot yang terbentuk di nilai 100% adalah disebabkan proses ayakan yang dilakukan di mana walaupun semua zarah-zarah halus telah menembusi bukaan ayakan tetapi masih terdapat lagi zarah yang sangat halus terlekat ataupun ditarik oleh daya Van Der Waals oleh zarah kasar umpamanya manik kaca dalam kes ini. Selain daripada tarikan ini, masih juga terdapat zarah tersebut terlekat di dinding ayakan. Dapat disimpulkan bahawa walau betapa lama mahupun besarnya frekuensi getaran digunakan pencapaian kecekapan ayakan 100% adalah mustahil tercapai. Secara umumnya persamaan kecekapan ayakan, E , melawan X dapat ditulis sebagai

$$E = 100[1 - \exp(-\alpha/r^m P^n C^p)] \quad (11)$$

dengan

α = Pemalar zarah yang bergantung kepada jenis campuran zarah yang digunakan dalam proses ayakan

m, n, o, p = Tertib proses ayakan adalah bersandarkan kepada jenis campuran zarah yang digunakan

Disebabkan kecekapan ayakan 100% secara praktik tidak tercapai, maka proses ayakan yang optimum perlulah dicari. Daripada Rajah 11, fasa optimum merupakan kawasan di mana proses ayakan yang paling optimum boleh dijalankan dengan meminimumkan masa proses ayakan dan kos pengoperasian. Fasa ini dikatakan optimum disebabkan masih terdapat penambahan kecekapan optimum yang banyak jika salah satu parameter

dinaikkan mahupun diturunkan bergantung kepada hubungan dengan kecekapan ayakan. Selepas fasa optimum dapat diperhatikan bahawa hanya peningkatan kecekapan ayakan yang kecil dapat dicapai dengan masa ayakan yang panjang ataupun frekuensi getaran yang besar. Oleh itu proses ini adalah tidak ekonomi yang mana keadaan ini hanya akan membuang masa dan kos pengoperasian sahaja. Begitu juga bagi sebelum fasa optimum, fasa ini masih dapat meningkatkan kecekapan ayakan dengan penambahan sedikit bagi masa ayakan atau frekuensi getaran ataupun pengurangan sedikit bagi peratusan zarah kasar atau muatan campuran. Maka, fasa ini dapat dikatakan sebagai fasa yang masih mempunyai potensi untuk meningkatkan kecekapan ayakan.

KESIMPULAN

Kajian ke atas kecekapan proses pemisahan zarah menggunakan prinsip pengayakan dengan perubahan salah satu parameter seperti tempoh masa pengayakan, frekuensi getaran, kandungan peratusan zarah kasar dan muatan suapan telah berjaya dilakukan di mana secara amnya didapati kecekapan adalah berkadar terus dengan parameter masa dan frekuensi getaran, namun berkadar songsang dengan jumlah muatan dan kandungan zarah kasar. Daripada analisis yang telah dilakukan ke atas data-data ujikaji sebuah sekaitan am yang diberi oleh persamaan (10) telah diterbitkan, yang mengungkap kecekapan keseluruhan proses terhadap parameter-parameter pengoperasian. Hubungan tersebut dapat meramalkan keadaan pengoperasian yang optimum bagi menghasilkan proses yang cekap dan berekonomi.

Walaupun kajian hanya dilakukan terhadap campuran pasir dan manik kaca, namun keputusan dari kajian ini dapat dijadikan asas bagi pengujian kecekapan pemisahan zarah yang lain menggunakan teknik pengayakan. Contoh adalah bagi proses pemisahan beras yang mempunyai gred yang berlainan, yang berbeza dari segi saiznya. Mengguna pendekatan yang dipaparkan di dalam kertas kajian ini dapat membantu jurutera yang terlibat menentukan keadaan pengoperasian yang optimum bagi penghasilan yang tinggi dan berekonomi.

Tatanama

- C Muatan suapan, (kg)
- E Kecekapan keseluruhan (%)
- E_1 Kecekapan ayakan bagi zarahan saiz atas di aliran hasil atas
- E_2 Kecekapan ayakan bagi zarahan saiz bawah di aliran hasil bawah
- O Hasil atas (kg)
- U Hasil bawah (kg)
- F Frekuensi getaran (Hz)
- t Tempoh masa ayakan (s)
- α Pemalar zarahan di dalam persamaan (8)
- n Tertib masa bagi ayakan
- m Tertib bagi frekuensi getaran
- o Tertib bagi peratusan kandungan zarah kasar
- p Tertib bagi jumlah muatan suapan

RUJUKAN

- Allen, T. 1993. *Particle Size Measurement*. Edisi ke-4. New York:Chapman & Hall.
- Karmazin, J. & Heiskanen, K. 1998. *Powder Handling and Processing* 10(1): 7-10.
- Leschonski, N. 1979. *Powder Technology* 24:115.
- Schubert, H. 1989, *Aufbereitung fester mineralischer Rohstoffe*, 1(4). Leipzig: Beutscher Verlag furi Grunstoffindustri.
- Standish, N. 1985. *Powder Technology* 41:57-67.
- Taggart, A.F. 1960. *Handbook of Mineral Dressing – Ores and Industrial Minerals*. Cetakan ke-7. New York: John Wiley.

Jabatan Kejuruteraan Kimia dan Proses
Fakulti Kejuruteraan
43600 UKM Bangi
Malaysia