

**SISTEM ALGEBRA KOMPUTER, KEFAHAMAN ALGEBRA DAN PENDIDIKAN MATEMATIK:  
SATU ANALISIS KONSEPSI**

Mark Tan Pack Lang  
SMK Taman Selesa Jaya 2  
Skudai, Johor  
Zaleha Ismail  
Fakulti Pendidikan  
Universiti Teknologi Malaysia

**Abstrak:**

Sistem Algebra Komputer (SAK) merupakan suatu perisian komputer yang digunakan untuk menyelesaikan masalah matematik dari yang mudah kepada yang rumit memandangkan kemampuannya melaksanakan pengiraan, menggraf dan memproses ungkapan algebra. Di antara SAK yang komersial ialah Mathematica dan Maple, manakala Maxima merupakan sejenis perisian sumber terbuka yang berfungsi pada sistem operasi linux dan windows. Pada kebiasaannya, perisian ini dimanfaatkan oleh ahli matematik untuk membantu menyelesaikan masalah yang kompleks. Di peringkat sekolah dan universiti, teknologi ini telah mempengaruhi pendekatan pembelajaran dan pengajaran matematik melalui kemampuannya menentukan punca persamaan, mengamir fungsi, memfaktor polinomial dan pelbagai manipulasi algebra yang lain. Kefahaman algebra (algebraic insight) yang merupakan salah satu komponen utama pembelajaran matematik, turut mengalami kesan yang signifikan dalam persekitaran SAK. Kertas kerja ini mengupas konsep SAK dan hubungannya dengan pendidikan matematik khususnya kefahaman algebra.

**Pengenalan:**

Dalam pendidikan matematik, penyelesaian masalah merupakan cabaran kepada pelajar dan guru kerana aktiviti ini memerlukan kemampuan kognitif yang tinggi. Bermula dengan mengenalpasti masalah atau memahami masalah, seterusnya diikuti dengan membuat perancangan strategi, melaksanakan strategi dan diakhiri dengan menyemak penyelesaian. Untuk meringankan beban kognitif dalam penyelesaian masalah, penggunaan alat seperti kalkulator banyak membantu dalam menguruskan pengiraan dan prosedur. Dengan cara ini, individu yang menyelesaikan masalah itu bolehlah menumpukan perhatian kepada fasa lain penyelesaian masalah. Dengan perkembangan teknologi, pelbagai perisian yang boleh meringankan beban penyelesaian masalah telah tercipta seperti sistem algebra komputer (SAK).

SAK merupakan suatu teknologi yang mudah didapati dalam komputer kerangka sejak seawal tahun 1970-an dan dalam komputer mikro semenjak 1980-an. Pada masa sekarang, SAK tidaklah terhad pada komputer sahaja dan boleh didapati dalam kalkulator jenis SAK seperti T1-92 keluaran Syarikat Texas Instrument yang telah mengintegrasikan perisian Derive dalam sistemnya. SAK berkemampuan tinggi dalam memanipulasi simbol algebra dalam kalkulus, memplot graf dan mencari nilai bagi sesuatu fungsi. Di samping itu, SAK juga dapat menyelesaikan masalah berkaitan vektor, matriks dan statistiks. Sekiranya kita membuat perbandingan antara kalkulator grafik dan kalkulator SAK, kita akan mendapati bahawa kalkulator SAK adalah lebih canggih kerana ianya mempunyai bukan sahaja fungsi melukiskan graf tetapi juga kemampuan memanipulasi simbol algebra yang memerlukan kepintaran palsu (*artificial intelligent*) yang lebih tinggi.

Pada tahun 1982, Herbert S. Wilf, seorang ahli matematik dalam bidang *Combinatoric* dari Amerika Syarikat telah memperkenalkan SAK kepada pendidik matematik seluruh dunia

bukan sahaja pendidik matematik peringkat pengajian tinggi tetapi juga pendidik daripada kalangan guru sekolah menengah (Wilf,1982). Semenjak itu, kajian berkaitan penggunaan SAK telah berkembang dan berpengaruh khususnya di Amerika Syarikat dan Eropah.

SAK merupakan suatu sistem matematik yang serba boleh bukan sahaja dapat membuat pengiraan matematik dalam nombor sahaja tetapi juga menyelesaikan masalah matematik yang melibatkan manipulasi simbol. Walaupun perisian SAK yang terdapat mempunyai fungsi yang berbeza antara satu sama lain, namun kita boleh mendapati bahawa SAK mempunyai ciri-ciri yang umum seperti yang berikut:

1. Permudahkan ungkapan algebra ataupun persamaan algebra daripada bentuk kompleks kepada bentuk yang lebih mudah.
2. Penggantian nilai pemboleh ubah ke dalam ungkapan ataupun persamaan algebra.
3. Menukarkan bentuk ungkapan termasuklah mengembangkan hasil darab dan kuasa ungkapan, menukarkan bentuk pecahan kepada pecahan separa serta menukarkan bentuk ungkapan trigonometri kepada bentuk eksponen.
4. Pembezaan separa atau pembezaan seluruh.
5. Pemfaktoran sepenuh ataupun separa.
6. Penyelesaian untuk persamaan linear ataupun persamaan bukan linear.
7. Penyelesaian untuk persamaan pembezaan dan persamaan pembeza.
8. Menentukan had fungsi.
9. Penyelesaian operasi siri seperti perkembangan siri, hasil tambah siri (summation) dan hasil darab siri (product).
10. Penyelesaian operasi matriks seperti hasil tambah, hasil darab dan songsangan.

### Rasional Penggunaan SAK dalam Pendidikan Matematik

Selepas pembentangan yang menarik oleh Wilf pada *American Mathematical Monthly* pada tahun 1982, ramai penyelidik dalam bidang pendidikan matematik mula untuk mengkaji kesan teknologi SAK dalam pendidikan matematik. Kathleen Heid, Profesor Pendidikan Matematik daripada Pennsylvania State University telah melaporkan beberapa kajian beliau mengenai SAK. Heid (1988) telah membuat perbandingan dari segi kerja matematik, pemikiran matematik dan keputusan ujian untuk dua kumpulan pelajar iaitu satu kumpulan pelajar yang diajar dengan kalkulus dengan SAK dan satu lagi kumpulan kawalan yang diajar kalkulus secara cara tradisional. Kedua-dua kumpulan ini telah menggunakan masa 12 minggu untuk belajar kalkulus dengan menggunakan kaedah masing-masing. Walau bagaimanapun, kumpulan dengan SAK telah didedahkan dengan konsep dan aplikasi simbol matematik SAK tanpa pendedahan kaedah kalkulus yang lama. Namun, kumpulan ini didedahkan kaedah *pen dan kertas* pada 3 minggu yang terakhir. Kedua-dua kumpulan diberikan ujian pada akhir ujian dan didapati bahawa kumpulan eksperimen didapati mempunyai kefahaman konsepsi yang lebih baik daripada kumpulan kawalan.

Berasaskan kajian yang telah dilaksanakan, Heid(1989) telah membuat kesimpulan bahawa ciri-ciri sistem manipulasi simbolik inilah yang berpotensi untuk mengubah kandungan dan proses pengajaran matematik di sekolah menengah. Beliau juga merumuskan beberapa ciri-ciri dalam SAK yang akan memberikan kesan kepada penggunaan SAK dalam pendidikan matematik di sekolah menengah, iaitu:

1. Hasil manipulasi simbolik dapat dijanakan dengan cepat.
2. Hasil manipulasi simbolik adalah tepat dan bebas daripada sebarang kesilapan manipulasi.
3. Kemampuan simbolik yang luas dalam persekitaran tunggal.
4. Sistem manipulasi simbolik yang dapat menangani permasalahan yang lebih kompleks berbanding yang dapat dihasilkan secara manual.

***SAK dapat menghasilkan jawapan dengan cepat***

Bennett (1995) mendapati bahawa pelajar suka menggunakan SAK kerana menjimatkan masa. oleh itu, masa dapat ditumpukan dalam menjalankan penyiasatan bermakna yang mungkin mengambil masa yang terlalu panjang sekiranya dilakukan secara manual. Atkins, Creegan dan Soan (1995) telah mendapati bahawa kaedah penyiasatan dengan menggunakan SAK dapat membantu pelajar mempelajari cara untuk berfikir secara matematik. Di samping itu, kemampuan SAK dalam menghasilkan graf dengan cepat dan menghubungkan graf dengan bentuk algebra akan dapat membantu pelajar untuk lebih memahami matematik. Hal ini juga disokong oleh Small dan Hosack(1991), Mayes (1993) dan Dugdale (1995) di mana mereka berpendapat bahawa kelajuan operasi dalam SAK akan dapat membantu para pelajar membuat penerokaan dalam matematik.

Dalam pada itu, masa yang terluang ini boleh digunakan untuk menggalakkan pelajar untuk menanyakan soalan-soalan seperti “Apa yang berlaku sekiranya...” dan “Kenapa...” (Berry, 1997). Pelajar juga boleh digalakkan untuk membentuk dan menguji konjektur bagi meningkatkan pemahaman mereka terhadap algebra. Dalam pada itu, dengan kelajuan operasi dalam SAK akan juga dapat membantu meringankan pelajar dalam jadual kurikulum matematik yang padat. Ini bermaksud pelajar dapat melakukan aktiviti-aktiviti tambahan seperti menjalankan penerokaan dalam matematik algebra dan tidak mengabaikan objektif-objektif utama dalam kurikulum sedia ada.

***SAK dapat menghasilkan jawapan yang tepat dan betul***

Heid (1989) berpendapat bahawa kemampuan SAK menghasilkan jawapan yang tepat dan bebas daripada kesilapan merupakan suatu yang sangat membantu kepada pengajaran matematik terutama dalam aspek penyelesaian masalah, pengenalpastian pola, penghasilan teorem dan analisis secara kuantitatif dalam kehidupan sebenar. Jawapan yang betul dan tepat sudah tentu dapat dapat memberikan keyakinan kepada para pelajar dan membolehkan mereka untuk meneruskan kepada penerokaan yang seterusnya. Di samping itu, hal ini juga akan menambahkan tahap pemahaman pelajar terhadap konsep pembolehubah dan fungsi (Dugdal et al, 1995). Konsep ini akan diperoleh melalui contoh yang banyak dan seterusnya menyebabkan pelajar dapat merasakan suatu penguasaan terhadap nilai pembolehubah dengan memperhatikan perubahan apabila mereka menggantikan nilai yang berbeza ke dalam fungsi.

SAK menggalakkan pelajar mengenalpasti pola dengan menggunakan kaedah induksi (Demana and Waits, 1990). Walau bagaimanapun, Demana dan Waits (1990) mendapati jawapan yang tepat tidak semestinya dapat membantu dalam pemahaman seseorang pelajar. Namun, kebanyakan penyelidik mendapati bahawa penggunaan SAK sememangnya membantu para pelajar mengenalpasti pola yang membantu pelajar mempelajari matematik dengan senang. Selain itu, Bennett (1995) membuat laporan bahawa ramai pelajar suka menggunakan SAK adalah disebabkan ianya dapat membantu daripada melakukan kesilapan yang *bodoh*. Dalam pada itu, ini akan menyebabkan ramai pelajar untuk menyertai dalam aktiviti dalam kelas. Ini juga disokong oleh Mayes (1993) dan Yershalmy dan Gilead (1997) yang mendapati bahawa penggunaan SAK akan menggalakan pembelajaran secara penerokaan. Dalam pada itu, penyertaan pelajar dalam proses proses pembelajaran melalui penerokaan dan penemuan akan dapat menggalakkan interaksi antara rakan sebaya (Geiger, 1998).

***Kemampuan simbolik yang luas dalam persekitaran yang tunggal***

Tall dan Thomas (1991) telah menggariskan kepentingan pemikiran serba boleh dalam matematik. Tall (1992) menyatakan bahawa simbol sahaja tidak boleh menyediakan persekitaran keseluruhan untuk pemikiran matematik. Dreyfus (1994) telah menyatakan bahawa penggunaan beberapa perwakilan yang berbeza untuk konsep yang sama sesuai mengembangkan pemikiran matematik individu.

Kepelbagaian perwakilan dalam fungsi dapat meningkatkan kefahaman pelajar apabila imej mental terhadap skema terhadap konsep-konsep tertentu diperkayakan. Dengan SAK, pelajar dapat memahami maksud matematik dengan menghubungkan dan memperhatikan antara 3 perwakilan yang berbeza iaitu secara visual, simbolik dan berangka. (Demana dan Waits, 1990, Arnold, 1992, Day, 1993 dan Dugdale et al, 1995). Brunner (1998) telah menyatakan bahawa pelajar yang menggunakan SAK akan membentuk algoritma yang baru untuk menyelesaikan masalah algebra dengan menggunakan graf dan jadual.

Di samping itu, penggunaan SAK dalam pendidikan matematik akan menyebabkan tidak ada kaedah yang terbaik (Atkins, Creegan dan Soan, 1995). Pelajar berkemungkinan untuk menggunakan lebih daripada satu kaedah (Bennett, 1995) dan mencari perhubungan antara perwakilan-perwakilan (Yerushalmy dan Gilead, 1997). Dalam pada itu, pelajar mungkin akan menunjukkan kaedah yang berbeza daripada kaedah tradisional yang ditunjukkan oleh guru (Smith, 1996). Di samping itu, Kendal dan Stacey (1999) telah membuat laporan dalam kertas kerja mereka bahawa tiga guru yang diberikan bahan dan panduan mengajar SAK yang sama telah menunjukkan 3 kaedah yang berbeza untuk mengajar matematik dengan menggunakan SAK dalam kelas masing-masing.

***SAK dapat menyelesaikan masalah yang lebih kompleks daripada kaedah manual***

Kutzler (1994) telah mencadangkan bahawa SAK boleh membantu pelajar-pelajar yang lemah dalam matematik aras rendah. Dalam pada itu, pelajar-pelajar tidak dihantui dengan masalah penguasaan matematik aras rendah dan membolehkan mereka meneruskan pengajian mereka untuk masalah matematik aras tinggi. Dengan itu, pelajar dapat menikmati keindahan matematik dengan bantuan teknologi SAK.

Perbincangan di atas menggambarkan SAK merupakan alat yang perkasa untuk membantu pelajar dari pelbagai aspek. Dengan itu, sekiranya SAK digunakan dengan berkesan, pembelajaran matematik dapat ditingkatkan. Untuk memahami dengan lebih lanjut peranan SAK, perbincangan seterusnya mengupas peranan SAK dalam pemahaman algebra, secara spesifiknya dalam konteks pendidikan matematik.

**SAK, Pemahaman Algebra dan Pendidikan Matematik**

Pierce (2005) telah menyatakan bahawa SAK tidak mengurangkan keperluan pelajar dalam mengembangkan kemahiran mereka dalam pemikiran matematik. Pemikiran matematik bermula dengan masalah dunia sebenar di mana kita perlu mengformulasikan kepada masalah matematik dengan pengumpulan data ataupun dengan menggunakan perwakilan secara simbolik. Selepas melalui proses formulasi dan penyelesaian masalah matematik, penyelesaian diperolehi.

Fey (1990) menyatakan bahawa pengguna teknologi seperti SAK perlu merancang operasi yang betul dan mentafsir jawapan yang diperoleh dengan bijaksana walaupun mesin mengambil alih pengiraan yang banyak. Merancang operasi pula memerlukan pemahaman yang tinggi terhadap maksud operasi. Di samping itu, operasi yang digunakan mestilah sesuai dengan operasi pengiraan. Pentafsiran penyelesaian memerlukan penilaian ke atas jawapan yang diperoleh daripada sistem itu. Kesilapan mungkin berlaku apa tersilap ketika memasukkan data, pemilihan jenis operasi ataupun masalah mesin.

Suatu kerangka untuk kefahaman algebra telah direka oleh Pierce dan Stacey pada tahun 2001. Kerangka yang komprehensif ini direka untuk menggalakkan refleksi dalam kefahaman algebra dan dapat dijadikan sebagai asas untuk guru dalam aspek merancang dan menaksir. Kerangka ini terbahagi kepada dua aspek, iaitu jangkaan algebra dan kebolehan dalam menghubungkan pelbagai perwakilan.

Jangkaan algebra merupakan suatu proses pemikiran yang mengambil tempat apabila ahli matematik yang berpengalaman mempertimbangkan keputusan yang mereka jangka untuk mendapat keputusan daripada proses algebra. Secara umumnya, aspek ini melibatkan kemahiran pelajar dalam mengenalpasti ciri-ciri asas algebra, struktur dan ciri-ciri utama. Sebagai contoh, jangkaan ini mengambil tempat apabila ahli matematik melihat ataupun memerhatikan dua ungkapan atau persamaan matematik untuk membuat menentukan sama ada dua ungkapan atau persamaan matematik adalah setara tanpa membuat sebarang pengiraan dan jalan kerja. Jangkaan algebra tidak melibatkan sebarang penghasilan penyelesaian tetapi lebih kepada pemerhatian pelajar terhadap elemen pertukaran, struktur dan elemen penting dalam suatu ungkapan ataupun persamaan yang akan menentukan elemen yang akan dijangka daripada penyelesaian yang dihasilkan (Pierce, 2001). Aspek ini dibahagikan kepada 3 element yang utama dan setiap element dibahagikan kepada 3 ciri yang sepadan dengannya iaitu mengenali normal dan proses-proses matematik asas, mengenalpasti struktur matematik dan mengenalpasti fungsi utama.

Mengenali normal matematik sebenarnya merupakan suatu kemahiran yang berasaskan kepada pengetahuan dan juga pemahaman terhadap maksud simbol yang digunakan. Kebanyakan pengetahuan dalam ini adalah diperoleh daripada pengalaman process nombor dan juga pengiraan. Dengan itu, ciri mengenali normal matematik dan asas operasi matematik dapat diperhatikan melalui tiga kemahiran serupa iaitu apabila pelajar dapat mengetahui maksud simbol, susunan suatu operasi dan juga ciri-ciri asas suatu operasi.

Dalam aspek matematik, struktur matematik dapat dikenalpasti daripada ungkapan-ungkapan algebra. Contohnya,  $\frac{2x^2 + x}{x}$  merupakan suatu ungkapan algebra. Struktur yang dikenalpasti di sini di mana  $x$  adalah objek yang serupa pada setiap bahagian komponen dalam ungkapan algebra. Penguasaan struktur matematik melibatkan

salah satu daripadanya ialah Mengenalpasti Objek Pertimbangan tugas berikut:

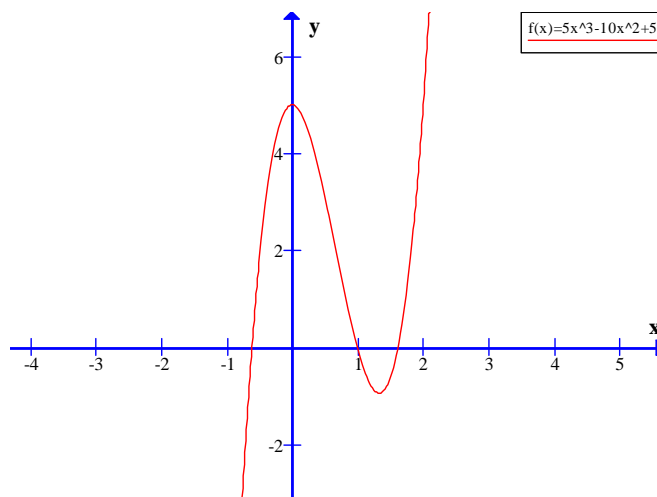
:

Diberikan  $f(x) = x + 2$  dan  $g(x) = 5h$ , carikan  $f(g(x))$ .

Di sini, para pelajar tidak perlulah mengembangkan keseluruhan ungkapan ini bagi menunjukkan kefahaman algebra tetapi pelajar perlu menyedari bahawa setiap ungkapan  $x$  perlu digantikan dengan  $5h$

Apabila menggunakan SAK, pelajar boleh bertukar bentuk matematik antara algebra, nombor dan grafik dengan hanya menekankan kekunci sahaja. Fey(1990) telah mendapati bahawa pemahaman dalam algebra dapat dilihat dari kemampuan pelajar untuk bergerak antara perwakilan algebra (simbol), nombor dan grafik dalam suatu persamaan ataupun ungkapan matematik. Kemahiran yang terlibat ialah menghubungkan antara bentuk dan bentuk objek, menghubungkan ciri-ciri utama dengan kedudukan yang berkemungkinan dan menghubungkan ciri-ciri utama dengan persilangan dan asimptot.

Menghubungkan bentuk dengan bentuk objek akan tertonjol apabila pelajar dapat melihat pada fungsi seperti  $f(x) = 5x^3 + 2x + \sin(x)$  dan mengenalpasti bahawa fungsi ini sebenarnya terdiri daripada fungsi kuadratik dan juga fungsi sinus. Dalam pada itu, graf yang diplot akan mempunyai ciri-ciri yang sama dengan graf sinus dan graf kuadratik. Dalam pada itu, mengenalpasti bentuk dapat memberikan maklumat yang mencukupi tentang suatu graf yang membolehkan kita melakarkan graf dengan senang.



Rajah 1: Graf fungsi yang dihasilkan SAK

Sebaliknya, melihat pada graf juga akan memberikan kita maklumat tentang bentuk suatu fungsi. Sekiranya kita diberikan graf seperti dalam Rajah 1, kita dapat meneka bahawa fungsi yang ditunjukkan dalam graf tersebut adalah berkuasa lebih daripada 2 kerana graf tersebut mempunyai 2 titik pusingan.

Pada aras asas, menghubungkan dengan ciri-ciri utama kepada kedudukan yang mungkin dalam graf memerlukan pelajar mengenalpasti sebutan pemalar dalam fungsi. Apabila kita melihat pada graf, pintasan-x dan pintasan-y akan memberikan maklumat berkenaan dengan perwakilan algebra dari segi perhubungan memandangkan pada pintasan-y,  $x = 0$  dan pada pintasan-x,  $f(x) = 0$ . Ciri ini sangat penting kepada pelajar yang menggunakan SAK. Hal ini disebabkan *setting* asal dalam SAK biasa akan memaparkan graf dengan asalnya di tengah skrin. Dalam pada itu, pelajar seharusnya mengenalpasti masalah ini dan membuat pengubahsuaian yang sepatutnya bagi mendapatkan paparan graf yang bersesuaian dengan kehendak penyelesaian kita. Di samping itu, mengenalpasti ciri-ciri utama juga akan dapat membantu pelajar dalam mencari domain dan julat untuk sesuatu fungsi.

SAK memberikan kemudahan dalam melihat kepada perwakilan nombor dalam suatu fungsi melalui jadual. Jadual yang berikut berkemungkinan dijana daripada suatu jadual nilai dengan menggunakan suatu ungkapan ataupun daripada graf. Kemampuan untuk menghubungkan antara perwakilan simbol dan nombor akan tertonjol apabila pelajar

menghubungkan pola nombor dengan bentuk, menghubungkan ciri utama kepada pertambahan yang sesuai dan juga nilai kritikal dalam jadual.

Kadang-kala pelajar tidak dapat mengenalpasti hubungan antara pembolehubah bersandar dan tidak bersandar, namun kemampuan pelajar dalam mengenalpasti pola membolehkan pelajar membuat jangkaan untuk bentuk algebra. Pola nombor dalam jadual akan membolehkan ahli matematik membentuk perwakilan algebra daripada fungsi-fungsi yang tertentu. Menghubungkan pola nombor dengan bentuk tidak dapat mencari fungsi penuh perwakilan simbol, tetapi ianya membantu jangkaan algebra. Hal ini kerana mengenalpasti bentuk perwakilan simbol sesuatu fungsi akan membawa pelajar tersebut membuat jangkaan tentang perwakilan daripada jadual.

Kefahaman algebra merupakan suatu cara di mana pelajar dapat mengaitkan situasi yang sebenar dengan ungkapan matematik dan menghubungkan perwakilan simbol dengan perwakilan grafik. Kerangka kefahaman algebra yang diutarakan disini agak kompleks. Sejauh mana kerangka ini dapat menerangkan pembelajaran berasaskan SAK masih kurang difahami khususnya dalam rangka pelaksanaan SAK di peringkat sekolah menengah tempatan.

#### **Kesimpulan:**

Teknologi SAK merupakan suatu teknologi yang amat berguna dalam pendidikan matematik. Banyak kajian lalu telah lama menunjukkan kejayaannya membantu dalam pembelajaran penyelesaian masalah, pengukuhan konsep dan kefahaman algebra di negara luar seperti di Amerika Syarikat dan di Australia. Seharusnya, teknologi yang bermanfaat itu perlu diperkenalkan di sekolah dan institusi pengajian tempatan. Bagaimana pun sebelum penggunaan teknologi ini boleh diamalkan secara meluas di sekolah kita, usaha untuk memahami pelaksanaan dan kesan daripadanya perlu dikaji dalam konteks tempatan. Langkah berhati-hati sebelum mengubah kurikulum matematik haruslah digalakkan supaya perubahan tidaklah berlaku tanpa mendatangkan kebaikan dan mengundang pelbagai masalah. Dalam pada itu, kajian bereksperimen yang harus menyusul terlebih dahulu dicadangkan, contohnya untuk mengkaji keberkesanan SAK untuk memantapkan kefahaman algebra pelajar. Kajian ini akan melibatkan antara lain pembangunan tugas matematik yang sesuai untuk dipelajari dengan SAK dan persediaan guru yang akan mengajar dalam suasana SAK.

#### **Rujukan:**

Atkins, N., Creegan, A., & Soan, P. (1995). You can lead students to DERIVE, but can you make them think? *International DERIVE Journal*, 2(1), 63-82.

Ball, L., Stacey, K. & Pierce, R. (2001). Assessing Algebraic Insight. In J. Bobis, B. Perry & M. Mitchelmore (Eds.), *Numeracy and Beyond*. (Proceedings of the 24th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia, Sydney, Vol 1 pp.66-73). Sydney: MERGA.

Bennett, G. (1995). Calculus for general education in a computer classroom. *International DERIVE Journal*, 2(2), 3-11.

Demana, F., & Waits, B. K. (1990). The role of technology in teaching mathematics. *Mathematics Teacher*, 83(1), 27-31.

Dreyfus, T. (1994). The role of cognitive tools in mathematics education. In R. Biehler, R. W. Scholz, R.



- Sträßer, B. Winelmann (Eds.), *Didactics of Mathematics as a Scientific Discipline*, (pp. 201-211). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Fey, J. T. (1990). Quantity. In L. A. Steen (Ed.), *On the Shoulders of Giants: New Approaches to Numeracy* (pp. 61-94). Washington: National Academy Press.
- Geiger, V. (1998). Students' perspectives on using computers and graphing calculators during mathematical collaborative practice. In C. Kanes, M. Goos, & E. Warren (Eds.), *Teaching Mathematics in New Times* (Proceedings of the 21st annual conference of the Mathematical Education Research Group of Australasia, Gold Coast pp. 217-224). Gold Coast, QLD: MERGA
- Heid, M. K. (1988). Resequencing skills and concepts in applied calculus using the computer as a tool. *Journal for Research in Mathematics Education*, 19(1), 3-25.
- Heid, M. K. (1989). How symbolic mathematical systems could and should affect precollege mathematics. *Mathematics Teacher*, September, 410-419.
- Kendal, M., & Stacey, K. (1999). CAS, calculus and classrooms. In O. Zaslavsky (Ed.), *Proceedings of the 23rd annual conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, (Vol.3, pp.129-136). Haifa, Israel: Program Committee.
- Kutzler, B. (1994). DERIVE - the future of teaching mathematics. *International DERIVE Journal*, 1(1), 37-48.
- Mayes, R. L. (1993). Computer use in algebra: And now the rest of the story. *The mathematics Teacher*, 86(7), 538-541.
- Pierce, R. & Kendal, M. (1999) Using Computer Algebra Systems to promote inquiry. In N. Scott, D. Tynan, G. Asp, H. Chick, J. Dowsey, B. McCrae, J. McIntosh, and K. Stacey (Eds.), *Across the Ages* (Proceedings of the 36th annual conference of The Mathematical Association of Victoria, pp. 312-315).
- Pierce, R. & Stacey, K. (2000). Algebraic Insight and students' use of DERIVE. On T.C. Etchells, L.C. Leinbach and D.C. Poutnet (Eds.), *Proceedings of the 4th International DERIVE/TI92-89 Conference: Computer Algebra in Mathematics Education, Liverpool, UK*. (CD). bk teachware series "support in learning" no.SL-16. <http://series.bk-teachware.com>
- Pierce, R. (1999) Using CAS as scaffolding for calculus: some observations. In W. Spunde, P. Cretchley, and R. Hubbard.(Eds.), *The Challenge of Diversity: (Proceedings of the Delta- 99 Symposium on Undergraduate Mathematics*, pp. 172-176). Brisbane, QLD: Delta 99 committee
- Pierce, R., & Stacey, K. (2001). Reflections on the changing pedagogical use of computer algebra systems: assistance for doing or learning mathematics. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 20(1), 141-163.
- Small, D. B., & Hosack, J. M. (1991). Explorations in calculus with a computer algebra system. New York: McGraw-Hill.
- Smith, K. B. (1996). Studying different methods of technology integration for teaching problem solving with systems of equations and inequalities and linear programming. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 13(4), 465-479.
- Wilf, H. S. (1982). The disc with the college education. *The American Mathematical Monthly*, 89, 4-8