

Penggunaan Bahasa Pemrograman Maple untuk Menyelesaikan Masalah Mekanika Gerak dalam Fisika

Fajar Pratama Pongsapan ^{1,*}, Ishak Pawarangan ²

^{1, 2} Program Studi Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia Toraja

^{2*} Email: ishakpawarangan@ukitoraja.ac.id

INFORMASI ARTIKEL	ABSTRAK
Kata Kunci: Mekanika gerak Bahasa Pemrograman, Komputasi	<i>Paper ini memuat penyelesaian salah satu kasus mekanika klasik yakni gaya tegangan tali dan percepatan masing benda yang terhubung melalui katrol menggunakan bahasa pemrograman Maple. Maple adalah perangkat lunak matematika berbasis komputer, yaitu sistem komputer aljabar yang mampu menyelesaikan persamaan dalam bentuk solusi numerik dan simbolik. Kemampuan komputasi dan visualisasi dengan kemudahan penggunaan serta dukungan fasilitas operator, fungsi dan solusi matematik yang terintegrasi menjadi alasan program ini dipilih. Metode dan bahasa maple sangat berpotensi dalam menyelesaikan beberapa kasus fisika.</i>
Keywords: Mechanics Programming Language Computational	ABSTRACT Use of Maple Programming Language to Solve Motion Mechanics Problems in Physics. In this paper, we have solved one of the classical mechanics case that is the strain and acceleration force of each connected object through the pulleys using Maple programming language. Maple is a computer-based mathematical software, that is algebraic computer system capable of solving equations in the form of numerical solutions And symbolic. Computing and visualization capabilities with ease of use and integrated operator support, functionality and mathematical solutions are the reason for this program being selected. Maple method and language are very potential in solving the some cases of physics. This is an open access article under the CC-BY-SA license.



I. Pendahuluan

Dewasa ini, eksperimen komputer memainkan peranan yang sangat penting dalam perkembangan ilmu. Pada masa lalu, sains ditunjukkan oleh kaitan antara eksperimen dan teori. Dalam eksperimen, sistem yang dipelajari diukur dengan peralatan eksperimen dan hasilnya dinyatakan dalam bentuk numerik. Dalam teori, model suatu sistem pada umumnya disusun dalam bentuk himpunan persamaan matematik. Dalam banyak hal, pemodelan diikuti oleh penyederhanaan permasalahan dalam rangka menghindari kompleksitas perhitungan, sehingga sering aplikasi dari model teoritis ini tidak dapat menjelaskan bentuk riil dari sistem makroskopis.

Maple adalah salah satu bahasa pemrograman yang bersifat simbolik dan mampu memanipulasi solusi aljabar dengan tampilan berbagai mode plot dan berbagai grafik dua dimensi, tiga dimensi, dan animasi [1]. Komputasi yang ditawarkan berada dalam *Maple Worksheet Environment* yang menyediakan berbagai solusi mengenai aritmatika dasar, teori grup dan analisis tensor [2,3].

Pada dasarnya permasalahan yang dapat dikerjakan melalui proses pemrograman sangatlah luas. Mulai dari suatu permasalahan yang sederhana sampai dengan permasalahan yang kompleks. Biasanya permasalahan yang kompleks yang perlu dikerjakan dengan program komputer[4,5]. Akan tetapi dalam makalah kali ini akan dijelaskan permasalahan yang sederhana pada kasus mekanika gerak.

Gerak termasuk bidang yang dipelajari dalam mekanika, yang merupakan cabang dari fisika [6]. Berbagai kasus dalam bidang mekanika gerak yang seringkali menjadi dalam praktikum real dalam laboratorium. Dalam makalah ini, akan disajikan salah satu kasus mekanika yang akan diselesaikan menggunakan bahasa pemrograman maple kasus mekanika gerak yang selama ini diselesaikan secara analitik. Tujuan dari makalah

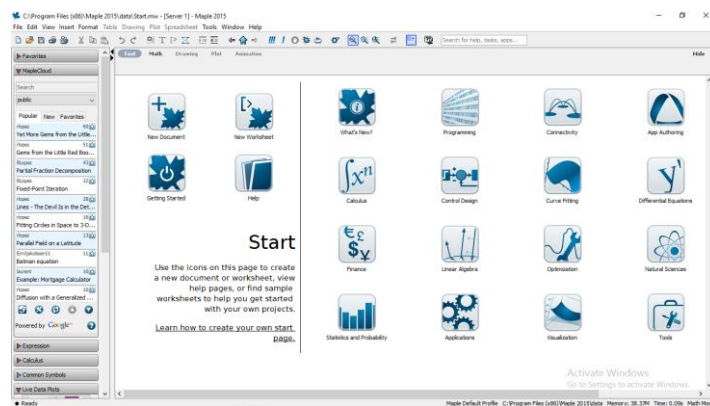
ini adalah memberikan suatu contoh kasus mekanika gerak yang akan diselesaikan secara komputasi simbolik menggunakan program maple.

II. Metode

A. Program Maple

Maple adalah perangkat lunak matematika berbasis komputer, yaitu sistem komputer aljabar yang mampu menyelesaikan persamaan dalam bentuk solusi numerik dan simbolik. Maple dibuat oleh *Wateloo Maple Software* (WMS) yang cikal bakalnya berasal dari peneliti dari *University of Wateloo*, Canada, tahun 1988 [1]. Program ini termasuk dalam salah satu program yang digemari karena kemampuan komputasi dan visualisasi dengan kemudahan penggunaan seerta dukungan fasilitas operator, fungsi dan solusi matematik yang terintegrasi.

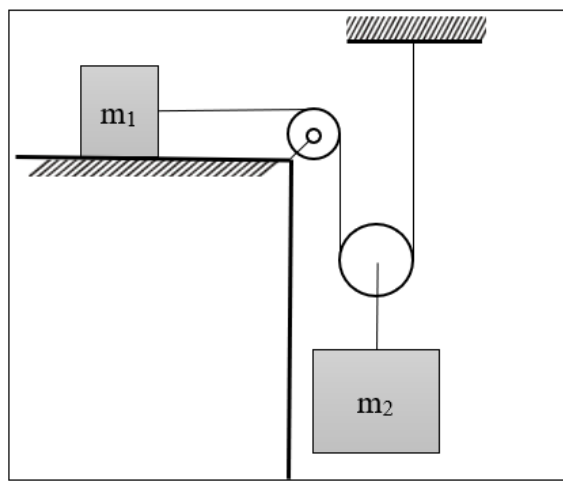
Maple merupakan *Computer Algebra System* (CAS) yang dapat memanipulasi pola, prosedur dan perhitungan algoritma baik untuk analisis maupun sintesis. Hasil perhitungan yang didapatkan dari program ini, mampu menjadi solusi matematika dengan metode numerik maupun simbolik. Kemampuan maple dalam memvisualisasi persamaan matematik dapat disajikan dalam berbagai variasi bentuk seperti grafik, simulasi modeling dan animasi. Menu utama program maple 2015 (32 bit) yang digunakan dalam eksperimen ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampilan menu utama program maple 2015 (32 bit)

B. Masalah mekanika gerak

Mekanika gerak adalah salah satu cabang ilmu dasar dalam fisika Cabang dari ilmu mekanika yang mempelajari gerak partikel dengan meninjau penyebab geraknya dikenal sebagai dinamika. Dalam tulisan ini, akan dibahas konsep konsep yang menghubungkan kondisi gerak benda dengan keadaan-keadaan luar yang menyebabkan perubahan keadaan gerak benda. Konsep fisika dalam dinamika selain Hukum Newton yang juga dapat digunakan untuk mengetahui keadaan gerak suatu benda yang menghubungkan pengaruh luar (gaya) dengan keadaan gerak benda, adalah konsep usaha (kerja) dan energi (tenaga). Contoh kasus mekanika yang akan diselesaikan secara komputasi menggunakan program maple adalah gerak benda yang saling terhubung tali dan terkait dengan katrol seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 berikut

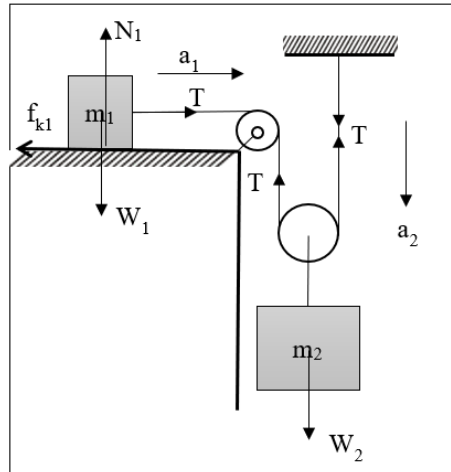


Gambar 2. Masalah mekanika gerak ; benda yang saling terhubung tali dan terkait dengan katrol

III. Hasil dan Pembahasan

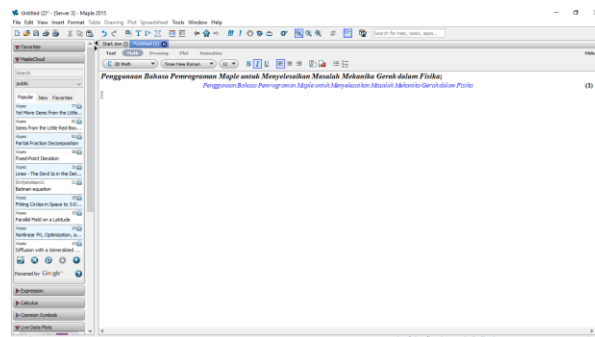
Sebelum merancang suatu urutan kerja, maka biasanya dilakukan identifikasi masalah dan penyaringan informasi. Berdasarkan hasil identifikasi masalah dan penjarangan informasi maka kemudian langkah kerja dapat dirancang dan untuk selanjutnya dapat dituangkan kedalam bentuk program. Sebagai contoh sederhana, kali ini akan diselesaikan suatu permasalahan dalam mekanika gerak benda. Jelas permasalahan ini adalah permasalahan fisika biasa dan melibatkan rumus perhitungan biasa. Sedangkan informasi yang diperlukan untuk dapat menyelesaikan masalah ini adalah yaitu data massa masing-masing benda, tingkat kekasaran permukaan yang berhubungan dengan koefisien gesekan.

Untuk mempermudah dalam menuliskan persamaan terkait gaya tegangan tali, percepatan benda 1 dan benda 2 pada program maple, digambarkan diagram gaya yang bekerja pada benda - benda seperti ditunjukkan pada Gambar 3



Gambar 3. Diagram gaya yang bekerja pada benda.

Tampilan lembar kerja maple seperti ditunjukkan pada Gambar 4



Gambar 4. Tampilan lembar kerja (worksheet) program maple 2015 (32 bit)

Setelah kode program di buat pada lembar kerja, kemudian program dapat dikompilasi. Proses kompilasi akan dapat diketahui apakah program tersebut sudah betul secara sintaks atau belum. Jika terdapat peringatan eror maka dapat dicari bagian/baris mana yang mengakibatkan adanya eror tersebut. Setelah diketahui baris yang menyebabkan eror dan dilakukan perbaikan maka program dapat kembali dikompilasi. Demikian seterusnya sampai program benar-benar selesai dikompilasi tanpa ada peringatan eror. Setelah itu program executable yang diperoleh dapat dijalankan dan nilai keluaran dapat diuji kebenarannya. Khusus untuk kasus sederhana seperti luas lingkaran maka uji keluaran tersebut dapat diperoleh dengan membandingkan dengan hasil perhitungan analitik. Untuk program yang dirancang menyelesaikan permasalahan yang kompleks sering kali pencarian kesalahan baik dalam program maupun keluaran tidaklah sederhana.

Untuk melihat kasus mekanika klasik ini, akan disajikan dalam 2 bentuk yakni secara simbolik dan numerik. Secara simbolik, kita akan menyajikan semua variabel-variabel dalam bentuk simbol seperti massa benda m_1 dengan m , massa benda m_2 dengan m , percepatan gravitasi bumi dengan g , koefisien gesekan dengan μ , tegangan tali dengan T , percepatan masing-masing benda dengan a_1 , a_2 , gaya normal dengan N dan gaya berat masing-masing benda dengan W_1 , W_2 . Tampilan pada worksheet maple ditunjukkan sebagai berikut :

```

> restart;
> m[1] := m; m[2] := M; g := g; mu := mu;
  m1 := m
  m2 := M
  g := g
  μ := μ

```

Pendefinisian variabel-variabel juga harus dilakukan untuk menentukan variabel apa saja yang diinginkan sebagai keluaran nantinya. Dalam kasus ini yang menjadi sasaran variabel keluaran adalah tegangna tali dan percepatan masing-masing benda. Berikut adalah pendefinisian untuk gaya gesekan, gaya normal dan gaya berat benda 1 yang dilabeli sebagai Persamaan_1

```

> Persamaan_1 := T - f[k[1]] = m[1]·a[1]; f[k[1]] := mu·N[1]; N[1] := W[1]; W[1]
  := m[1]·g;

  Persamaan_1 := T - fk1 = m1 a1

  fk1 := μ N1
  N1 := W1
  W1 := m1 g

```

Persamaan 2 dan persamaan 3 juga didefinisikan untuk menentukan gaya berat benda 2 dan relasi percepatan masing-masing benda seperti ditunjukkan berturut-turut sebagai berikut

```

> Persamaan_2 := W[2] - 2·T = m[2]·a[2]; W[2] := m[2]·g;

  Persamaan_2 := W2 - 2 T = m2 a2
  W2 := m2 g
> Persamaan_3 := a[1] = 2·a[2];

  Persamaan_3 := a1 = 2 a2

```

Solusi untuk menentukan variabel tegangan tali dan percepatan masing-masing benda, ditampilkan sebagai berikut

```

> fsolve({Persamaan_1, Persamaan_2, Persamaan_3}, {a[1], a[2], T});

  Error, (in fsolve) {g, mu, Persamaan_3,
  m[1], m[2]} are in the equation, and
  are not solved for

```

Solusi yang ditampilkan saat mencoba menentukan variabel-variabel yang diinginkan seperti tegangan tali dan percepatan, tidak dapat diolah akibat dari penggunaan simbol yang tidak dapat diproses dan menampilkan dalam bentuk persamaan yang apa adanya seperti berikut

```

> ({Persamaan_1, Persamaan_2, Persamaan_3}, {a[1], a[2], T});

  {Persamaan_3, g m2 - 2 T = m2 a2, -g μ m1 + T = m1 a1}, {T, a1, a2}
>

```

Untuk masalah numerik, kita akan mencoba memasukkan nilai pada semua variabel-variabel dasar yang dibutuhkan. Sebagai contoh kasus, kita ambil massa benda $m_1=0,3$ kg, massa benda $m_2=0,5$ kg, percepatan gravitasi bumi $g=10$ ms⁻², koefisien gesekan $\mu=0.5$.

Penggunaan digits:=3 dimaksudkan untuk membatasi keluaran yang diinginkan dalam 3 digit. Tampilan program untuk metode numerik seperti berikut

> restart; Digits := 3;

$Digits := 3$

> $m[1] := 0.3$; $m[2] := 0.5$; $g := 10$; $\mu := 0.5$;

$m_1 := 0.3$

$m_2 := 0.5$

$g := 10$

$\mu := 0.5$

> $Persamaan_1 := T - f[k[1]] = m[1] \cdot a[1]$; $f[k[1]] := \mu \cdot N[1]$; $N[1] := W[1]$; $W[1] := m[1] \cdot g$;

$Persamaan_1 := T - f_k = 0.3 a_1$

$f_k := 0.5 N_1$

$N_1 := W_1$

$W_1 := 3.0$

> $Persamaan_2 := W[2] - 2 \cdot T = m[2] \cdot a[2]$; $W[2] := m[2] \cdot g$;

$Persamaan_2 := W_2 - 2 T = 0.5 a_2$

$W_2 := 5.0$

> $Persamaan_3 := a[1] = 2 \cdot a[2]$;

$Persamaan_3 := a_1 = 2 a_2$

Setelah persamaan_2 dan persamaan_3 selesai didefinisikan, perhitungan variabel –variabel keluaran yang diinginkan seperti tegangan tali dan percepatan masing-masing benda pun bisa dilakukan. Hasil perhitungannya seperti berikut

> $fsolve(\{Persamaan_1, Persamaan_2, Persamaan_3\}, \{a[1], a[2], T\})$;
 $\{T = 2.21, a_1 = 2.35, a_2 = 1.18\}$

>

Variabel keluaran masing masing adalah $T=2,21$ N, $a_1=2,35$ ms⁻² dan $a_2=1,18$ ms⁻².

IV. Kesimpulan

Kesimpulan pertama yang ingin dikemukakan dalam paper ini adalah bahwa penyelesaian kasus mekanika gerak dapat diselesaikan menggunakan bahasa pemrograman maple. Perhitungan analitik pada kasus mekanika gerak yang selama ini digunakan, kini dapat dikonfirmasi dengan komputasi sederhana. Kedua, keluaran penyelesaian kasus mekanika secara simbolik terbatas pada hubungan antar variabel.

Daftar Pustaka

- [1] M. Young, The Technical Writer's Handbook. Mill Valley, CA: University Science, 1989.
- Cizek, J., Vinette, F., & Weniger, E. J. On The Use Of The Symbolic Language Maple In Physics And Chemistry: Several Examples. International Journal of Modern Physics C, 04(02), 257–270. doi:10.1142/s0129183193000276
- [2] Tung, K.Y. Komputasi Simbolik Fisika Mekanika Berbasis Maple, Andi Yogyakarta, 2005. Yogyakarta
- [3] Ariska, M. Akhsan, H., Zulherman. Utilization of Maple-based Physics Computation in Determining the Dynamics of Tippe Top. <http://dx.doi.org/10.26740/jpfa.v8n2.p123-131>
- [4] Ningsih, Y. L., & Paradesa, R. (2018). Improving students' understanding of mathematical concept using maple. Journal of Physics: Conference Series, 948(1), 012034.
- [5] Suparno, S. Komputasi untuk Sains dan Teknik. 2013. Jakarta.
- [6] Kanginan, M. Fisika untuk SMA/MA kelas X, Penerbit Erlangga, 2013. Jakarta