

Main balet pakai fisika yuuk

Pada bulan April 1999 yang lalu penulis mengikuti suatu pertemuan fisika terbesar abad 20 di World Congress Building Atlanta Amerika Serikat. Dalam pertemuan yang dihadiri lebih dari 10.000 fisikawan ini (+ 40 pemenang nobel fisika) digelar ratusan topik-topik seminar dari mekanika klasik, laser, fisika nuklir hingga fisika abad 21. Di antara lautan topik ini, *Physics of Dance* merupakan topik yang menjadi perhatian banyak pengunjung.

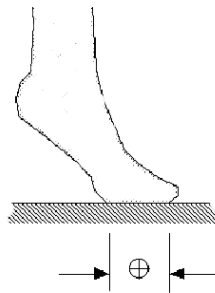
Dalam seminar *Physics of Dance* Kenneth Laws dari Dickinson College dibantu oleh seorang penari balet Amy Kohler secara menarik memperagakan hubungan Fisika dengan Balet. Menurut Keneth Laws balet bukan hanya sekedar seni. Gerakan balet yang dinamis merupakan gabungan logika dengan intuisi, persepsi analitik dengan persepsi perasaan serta gabungan pengertian holistik dengan pemikiran langkah demi langkah. Disini peran hukum Fisika sangat penting. Penerapan hukum Fisika pada gerakan balet dapat menghasilkan sesuatu yang berguna, mengejutkan, dan mendorong orang lebih menghargai balet.

Diam seimbang

Pada tarian balet terkenal "*The Nutcracker*" seorang balerina (penari balet) memulai tariannya dengan berjinjit seimbang pada satu kaki dan tangan terangkat ke atas. Kaki yang lain terangkat ke belakang. Pada keseimbangan yang dikenal dengan nama *arabesque on pointe* ini, penari bertumpu pada daerah yang sangat kecil.

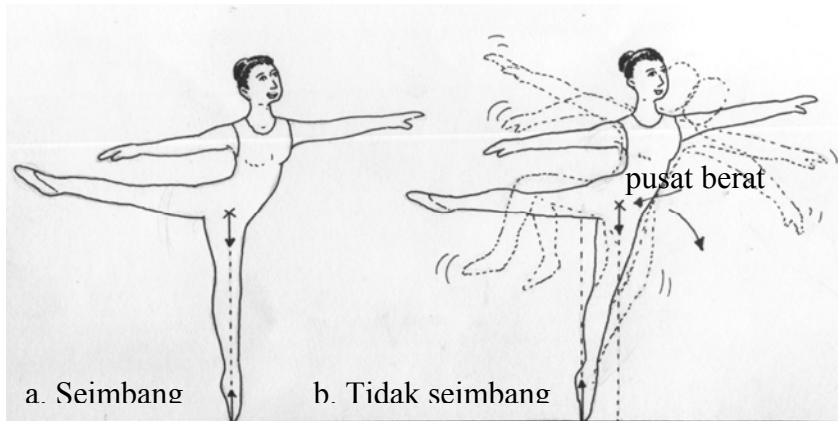


Gb.1a Arabesque on pointe



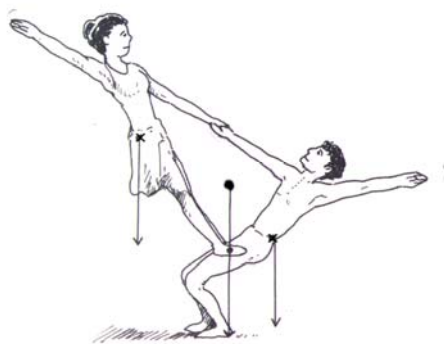
Gb.1b on pointe

Menurut hukum keseimbangan, posisi berdiri diatas daerah kecil (*on pointe*) bisa tercapai jika pusat berat balerina berada tepat diatas titik tumpunya (Gb. 2a). Pada posisi yang dipopulerkan oleh Marie Taglioni di pertengahan abad ke-19 ini, gaya berat berada satu garis dengan titik tumpunya. Itu sebabnya gaya berat si balerina tidak mampu memberikan momen gaya untuk memutar tubuhnya. Tetapi ketika posisi pusat berat (tanda silang) balerina menyimpang dari posisi seimbang (Gb. 2b), gaya berat akan membuat balerina terpelanting dalam waktu yang relatif sangat singkat. Jika mula-mula pusat berat balerina menyimpang 1° , dalam waktu 1 detik, pusat beratnya ini akan menyimpang 8° . Tetapi jika posisi awalnya menyimpang 5° , dalam 1 detik pusat berat balerina menyimpang 37° . Sangat berbahaya bagi si balerina.



Gb. 2

Selanjutnya keseimbangan lain yang lebih rumit adalah keseimbangan ketika penari berpasangan (Gb. 3). Pada keseimbangan ini memang pusat berat masing-masing penari tidak berada di atas titik tumpunya, namun pusat berat gabungannya masih berada di atas titik tumpunya. Titik tumpu pada keseimbangan ini harus dibuat cukup luas agar pusat berat dapat diatur untuk tetap berada di atas titik tumpu ini. Itu sebabnya penari pria harus memijakkan kakinya (tidak berjinjit) dan membuka kedua kakinya agar lebar.



Gb. 3 Keseimbangan berpasangan

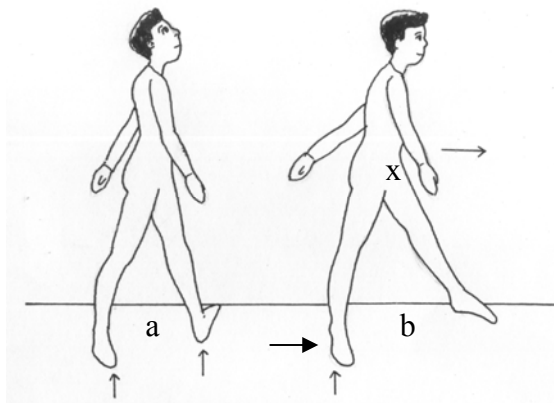
Bergerak

Bagaimana penari bergerak? Apa yang menggerakannya?

Ketika seseorang hendak bergerak maju yang ia lakukan adalah menekan lantai dengan kakinya ke arah belakang. Ketika mendapat tekanan, lantai bereaksi dan mendorong kaki orang itu dengan gaya yang sama besar ke depan sehingga orang bergerak maju. Semakin keras kaki kita menekan lantai, semakin cepat kita bergerak maju. Konsep yang sederhana ini merupakan konsep penting yang digunakan para penari balet untuk bergerak.

Pada Gb. 4a seorang penari pria berdiri seimbang. Berat badannya terdistribusi merata pada kedua kakinya. Penari kemudian mengangkat kaki kirinya sedikit sehingga ia bertumpu pada kaki kanannya. Pusat berat penari sekarang tidak berada

di atas titik tumpunya lagi, akibatnya penari mulai jatuh ke depan dan kaki kanannya menekan lantai ke belakang. Lantai bereaksi dan mendorong kaki penari ke depan sehingga penari bergerak maju (Gb. 4b).



Gb. 4 Bergerak maju

Ketika penari sedang bergerak ke depan, bisakah ia membelok atau bergerak melingkar (*manège*)? Menurut Newton, benda yang bergerak lurus akan membelok jika ada gaya ke samping. Darimana kita peroleh gaya ke samping itu? Penari balet tahu cara memperoleh gaya ke samping ini. Ketika penari hendak membelok ke kanan, kakinya akan menekan lantai ke kiri. Lantai akan memberikan reaksi dengan menekan kaki penari ke kanan sehingga lintasannya berbelok ke kanan. Semakin keras penari menekan lantai, semakin tajam belokannya. Jika tekanan pada lantai ini berlangsung terus menerus, lintasan si penari akan berbentuk lingkaran. Disini gaya dari lantai bertindak sebagai gaya sentripetal.



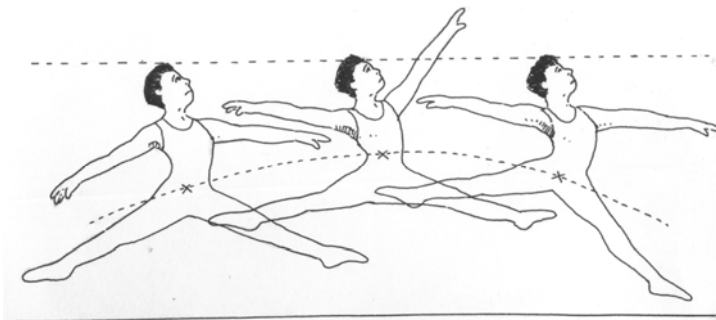
Gb. 5 Manège

Ketika bergerak melingkar penari akan merasakan gaya sentrifugal yang arahnya menjauhi pusat lingkaran. Untuk mengatasi gaya ini penari harus sedikit memiringkan tubuh bagian atasnya (Gb. 5). Jika penari bergerak dengan kecepatan 4 m/s dalam suatu lingkaran berdiameter 10 meter maka ia harus memiringkan tubuhnya sekitar 18° dari garis vertikal.

Melompat

Penari balet tahu cara melompat! Yang ia lakukan adalah menekan kakinya pada lantai secara vertikal. Dengan memberi tekanan pada lantai, lantai memberikan reaksi mendorong kaki sang penari ke atas. Penari juga tahu bahwa lompatan akan lebih tinggi jika saat melompat lutut ditekuk. Disini tekukan lutut bertindak seperti pegas yang tertekan, siap untuk melontarkan benda yang diletakkan di atasnya. Semakin besar tekukan lutut, semakin tinggi tubuh terlontar. Namun perlu diingat bahwa lutut yang terlalu bengkok akan mengurangi gaya tekan kaki pada lantai. Penari biasanya tahu berapa besar ia harus menekuk lututnya untuk mencapai ketinggian optimal. Untuk melompat setinggi 30 cm, penari biasanya menekuk lututnya sejauh 30 cm disertai gaya tekan pada lantai sebesar hampir satu kali berat badannya.

Pada gerakan kombinasi (*grand jeté*) penari melakukan gerak vertikal dan gerak mendatar secara serempak. Ketika tubuh lepas kontak dari lantai, lintasan pusat berat berbentuk suatu parabola (Gb. 6). Untuk menambah tinggi lompatan penari harus memberikan tambahan energi dengan berlari lebih cepat. Hal yang sama dilakukan oleh para pelompat tinggi. Untuk melompat setinggi mungkin, si pelompat harus berlari secepat mungkin. Gerakan kombinasi ini sulit dilakukan tanpa latihan yang serius. Penari harus benar-benar tahu kapan waktu melompat dan berapa kecepatan yang harus ia berikan agar gerakannya ini sesuai dengan irama musik yang dimainkan.



Gb 6. *Grand jeté*

Pada Gb. 6 seorang penari melakukan *grand jeté*. Gerakan ini banyak membuat penonton terpujau. Penonton melihat si penari seolah-olah terbang mendatar pada ketinggian tertentu. Ilusi terbang disebabkan karena hampir separuh dari waktu terbang penari berada pada ketinggian di atas $\frac{1}{4}$ posisi puncak. Jika *grand jeté* berlangsung selama 0,8 detik dan tinggi maksimum 40 cm, maka selama 0,4 detik penari akan berada pada ketinggian antara 30 cm sampai 40 cm. Karena berada cukup lama di udara (disekitar puncak) maka penari akan tampak seperti terbang. Penari akan memperkuat ilusi terbang ini dengan mengangkat dan merentangkan kedua kakinya selebar mungkin serta menggerakkan beberapa anggota tubuhnya agak ke atas.

Selesai melakukan *grand jeté* penari mendarat pada lantai lentur dengan lutut ditekuk. Tanpa lantai lentur dan tekukan lutut yang cukup besar, penari akan cedera. Penari akan merasakan gaya sebesar 200 kali berat badannya jika ia mendarat dengan lutut

tertebuk 2,5 cm pada lantai beton dari ketinggian 50 cm. Gaya sebesar ini sangat besar, bisa membuat penari cedera (kaki patah atau urat-urat putus).

Berputar

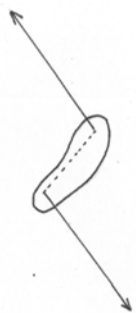
Tarian balet sangat dikenal dengan putaran diatas satu kakinya (*pirouette*). Ada dua jenis *pirouette*: *en dedans* berputar kearah kaki yang menopang (berputar ke kanan dengan kaki kanan pada lantai) dan *en dehors* (berputar ke kiri dengan kaki kanan pada lantai). *En dedans* dan *en dehors* dapat divariasasi dengan menempatkan kaki yang berputar pada berbagai posisi. Pada *normal pirouette* sepatu kaki yang berputar menempel pada lutut kaki yang menopang sedangkan pada *grande pirouette* kaki yang berputar berada pada posisi mendatar. Gerakan *pirouette* yang terkenal adalah *fouetté* yaitu *pirouette en dehors* yang dilakukan berulang-ulang.



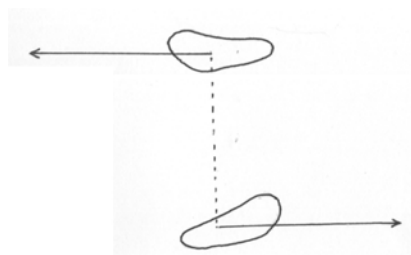
Gb. 7 Normal pirouette

Bagaimana penari berputar?

Penari berputar dengan menggerakkan ujung sepatu depan dan belakang ke samping berlawanan (Gb. 8a) . Lantai akan memberikan reaksi dengan memberikan gaya yang berlawanan pada kedua ujung sepatu itu. Kedua gaya yang disebut kopel ini akan memutar penari.



Gb. 8a Kopel



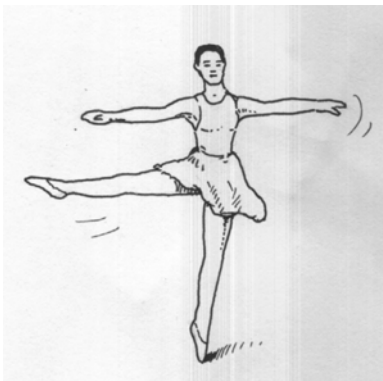
Gb. 8b. Kopel gaya pada 2 kaki

Cara lain untuk berputar adalah dengan menggerakkan kedua kaki dalam arah berlawanan. Kopel gaya dari lantai akan memutar penari (Gb. 8b). Ketika penari

mulai berputar, ia dapat menaikkan kaki yang satunya pada posisi normal ataupun *arabesque*.

Ketika penari sudah berputar, penari dapat mengatur kecepatan putarnya dengan mengatur besar momen kelembamannya. Disini momen kelembaman merupakan kecenderungan benda untuk mempertahankan posisinya untuk tidak ikut berputar. Benda yang momen kelembamannya besar, sangat sukar berputar. Sebaliknya yang momen kelembamannya kecil lebih mudah berputar. Benda akan berputar lebih cepat jika momen kelembamannya diperkecil sebaliknya benda akan berputar lebih lambat jika momen kelembamannya diperbesar.

Penari dengan tangan terentang dan salah satu kaki pada posisi mendatar (*arabesque*) mempunyai momen kelembaman hampir 4 kali lipat lebih besar dibandingkan momen kelembaman ketika penari dalam posisi normal (tangan ke bawah dan sepatu kaki yang satu menyentuh lutut kaki yang lain). Jika balerina berubah dari posisi *arabesque* ke posisi normal kecepatan sudutnya menjadi 4 kali lebih cepat. Untuk bergerak lebih lambat penari tinggal merentangkan tangan atau kakinya.



Gb.9a. Putaran lebih lambat



Gb.9b. Putaran lebih cepat

Mengasyikan sekali bukan? Ternyata balet yang kata orang lebih banyak menggunakan perasaan dapat dianalisa secara asyik dengan fisika.

Sejak kapan sebenarnya orang menganalisa gerakan suatu tarian? Ribuan tahun lalu Aristoteles seorang filsuf terkenal berusaha menganalisa tarian dengan menggunakan prinsip geometri. Kemudian pada tahun 1500-an, Barelli murid Galileo menganalisa gerakan tarian dengan fisika. Untuk usaha kerasnya menganalisa berbagai jenis gerak termasuk beberapa tarian, Barelli dijuluki sebagai bapak Biomekanika. Tarian balet yang merupakan salah satu tarian yang muncul agak belakangan dianalisa secara detil oleh Kenneth Laws pada awal tahun 1980-an. Kenneth Laws adalah seorang fisikawan yang sangat mencintai balet. Karena kecintaannya pada balet Kenneth Laws mengabdikan dirinya untuk meneliti gerakan-gerakan balet secara teliti dan mencoba menjelaskan setiap gerakan balet secara detil dengan menggunakan fisika. Menurut dia, usahanya menganalisa gerakan balet tidak sia-sia. Kini ia mampu membuat orang termasuk dirinya semakin menghargai, menikmati dan makin jatuh cinta pada tarian balet.

Alangkah indahnya jika di Indonesia ada fisikawan-fisikawan yang begitu cintanya pada tarian jaipongan, tarian bali ataupun tarian daerah lain dapat mengabdikan dirinya untuk meneliti tarian-tarian itu. Siapa tahu hasil penelitian ini dapat membuat masyarakat lokal dan internasional lebih menghargai dan lebih menikmati musik serta tarian-tarian yang merupakan bagian dari budaya kita. Lebih dari itu siapa tahu hasil penelitian dapat menciptakan gerakan-gerakan baru nan kompleks dan indah. Dampak yang lebih jauh lagi adalah cepat atau lambat pasti akan terbentuk suatu masyarakat ilmiah dimana fisika akan bertambah populer serta menjadi sahabat bagi banyak siswa, tidak lagi menjadi momok yang menakutkan (*Yohanes Surya*).