

The First Step to Nobel Prize in Physics Competition

Riset untuk Anak Remaja

Prof. Yohanes Surya Ph.D

I. Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir ini prestasi remaja-remaja Indonesia dalam riset ilmiah remaja di dunia Internasional terus meningkat. Dimulai tahun 1999, Made Agus Wirawan siswa SMUN 1 Bangli, Bali berhasil meraih medali emas (First prize) dalam perlombaan riset remaja internasional *The First Step to Nobel Prize in Physics Competition* atau sering disingkat *The First Step*. Tahun 2004 Septinus George Saa siswa SMAN 3 Jayapura Papua juga berhasil mengulangi sukses ini. Tahun 2005 Anike Bowaire siswi SMAN 1 Serui Papua dan Dhina Susanti siswi SMAN 3 Semarang menghantar Indonesia menjadi juara umum dalam perlombaan *The First Step 2005* dengan mempersembahkan masing-masing 1 medali emas.

Hasil yang diperoleh siswa/i Indonesia ini menunjukkan bahwa Indonesia memiliki orang-orang yang berpotensi untuk menjadi peneliti handal. Selama penulis menjadi pembimbing (*supervisor*) siswa-siswa perebut medali emas ini, penulis melihat bahwa siswa-siswa ini memiliki unsur-unsur penting yang dimiliki oleh seorang peneliti seperti : semangat tinggi untuk meneliti; kemampuan intelektual yang memadai; kreatifitas; ketekunan dan tidak mudah putus asa.

Dalam makalah ini penulis akan menceritakan pengalaman penulis dalam mempersiapkan siswa/i Indonesia di kompetisi *The First Step*. Harapan penulis kiranya makalah ini bermanfaat bagi mereka yang akan melatih/mempersiapkan para siswa Indonesia agar dapat meraih prestasi Internasional.

Makalah dibagi dalam 4 bagian. Setelah pendahuluan ini, dalam Bab II penulis akan menceritakan segala sesuatu tentang kompetisi *The First Step*. Kemudian dalam Bab III penulis akan menceritakan tentang pengalaman membimbing siswa/i Indonesia dalam mengikuti kompetisi *The First Step* seperti: memilih topik, memperkuat materi dasar, melakukan riset; menulis suatu karya ilmiah dan mengirimkan karya ilmiah ke suatu

kompetisi Internasional. Akhirnya dalam Bab IV penulis akan memberikan kesimpulan dan beberapa saran yang mungkin bermanfaat bagi para pemula dan pembimbing riset.

II. The First Step to Nobel Prize in Physics Competition (The First Step).

Apa itu *The First Step*?

The First Step adalah suatu kompetisi riset ilmiah tahunan dalam bidang Fisika bagi para remaja diseluruh dunia. Ide pembentukan *The First Step* ini berasal dari Waldemar Gorzkowski seorang guru besar Fisika di *Institute of Physics, Polish Academy of Sciences*. Sekitar 20 tahun yang lalu Gorzkowski bekerja sama dengan *Polish Children's Fund* memulai suatu workshop dalam riset Fisika. Dalam workshop ini siswa-siswa SMA melakukan penelitian bersama dengan para peneliti senior. Ternyata hasil penelitian itu demikian baiknya bahkan beberapa makalah dapat dipublikasikan dalam jurnal-jurnal fisika yang cukup bergengsi. Hasil ini ditambah dengan penemuan bahwa beberapa anak SMA mempunyai semangat meneliti yang tinggi, mendorong Gorzkowski untuk membuat kompetisi riset untuk anak-anak SMA se Polandia pada tahun 1991/1992. Tujuannya adalah untuk menghargai usaha para murid SMA ini dalam meneliti serta memberikan kesempatan untuk membandingkan hasil penelitian mereka dengan penelitian siswa-siswa lain. Dalam kompetisi ini terkumpul 59 makalah yang ternyata levelnya cukup tinggi. Kemudian dari makalah-makalah ini dipilih 7 pemenang utama (*First Prize*) dan 19 *honorable mentions*. *Honorable mentions* dibagi dalam dua kategori: makalah riset dan kontribusi. Hadiah untuk para pemenang ini adalah berupa riset di *Institute of Physics* selama 2 minggu.

Sambutan dan hasil kompetisi nasional yang begitu positif ini mendorong Gorzkowski untuk mendirikan kompetisi sejenis tetapi untuk level internasional, lahirlah *The First Step to Nobel Prize in Physics Competition* di tahun 1992/1993. Beberapa tujuan didirikannya kompetisi *The First Step* ini (seperti diceritakan oleh Gorzkowski melalui komunikasi pribadi) adalah ⁽¹⁾:

- *Promotion of scientific interests among young pupils;*

- *Selection of outstanding pupils (this point is especially important in case of pupils from countries or regions in which access to science is difficult) and their promotion (very often our winners enter better universities and receive appropriate financial help from the local authorities);*
- *Enhancing motivation of pupils to scientific work;*
- *Stimulation of the schools, parents, local educational centres, etc. for greater activity in work with pupils interested in research (we know that in some countries, some regions and even in some schools a preliminary local selection is organised, sometime such selections involve great numbers of participants);*
- *Establishing friendly relations between young physicists (recently all the winners are invited to the Institute in the same time, they are accommodated in the same place, they cooperate with each other, etc.).*

Kompetisi *The First Step* terbuka bagi semua siswa SMA yang berusia dibawah 20 tahun pada saat kompetisi ini berlangsung. Dalam kompetisi ini pemenangnya diberi hadiah berupa kesempatan riset selama 1 bulan di *Institute of Physics* Polandia. Berbeda dengan kompetisi nasional di Polandia, *The First Step* memberikan juga hadiah *honorable mention* untuk bidang instrumentasi dan alat.

Dalam kompetisi ini tiap siswa melakukan riset lalu menuliskan hasilnya dalam bentuk makalah berbahasa Inggris. Makalah ini dikirim ke Panitia paling lambat tanggal 31 Maret pada tahun dimana kompetisi ini berlangsung. Beberapa persyaratan kompetisi ini seperti tertulis dalam brosur yang disebarakan untuk kompetisi tahun 2005/2006 adalah sebagai berikut ⁽²⁾:

1. *All the high school (lyceum) students regardless of the country, type of the school etc. are eligible for the competition. The only conditions are that the school cannot be considered as a university college and the age of the participant should not exceed 20 years on March 31, 2006.*
2. *There are no restrictions concerning the subject matter of the papers, their level, methods applied etc. All these are left to the participants' choice. The papers, however, have to have a research character and deal with physics topics or topics directly related to physics.*

3. *Every participant can submit one or more papers but each paper should have only one author. The total volume (i.e. text + figures + captions + tables + references) of each paper should not exceed 25 normal typed pages (about 50,000 characters).*
4. *The papers will be refereed by the Organising Committee and the best will be awarded. The number of awarded papers is not limited. All the awards will be considered equivalent. The Authors of the awarded papers will be invited to the Institute of Physics (or to institutions co-operating with the Institute of Physics) for one month's research stay (the stays are scheduled for November 2006). The necessary stay expenses (without expenses for travel) will be paid by the organisers. Unfortunately, the travel expenses to and from Poland cannot be paid by the organisers and the winners will have to find some sponsors.*
5. *In addition to the regular awards the Organising Committee may establish a number of honourable mentions. The participants who won the honourable mention receive diplomas, but they are not invited to the research stay.*
6. *The participants should send their papers in two copies in English only by March 31, 2006 to:*

*Mrs. Maria Ewa Gorzkowska, M. A.
Secretary of the FIRST STEP
Institute of Physics, Polish Academy of Sciences
al. Lotników 32/46, (PL) 02-668 Warszawa*

The Organizing Committee does not accept papers sent by e-mail.

7. *Each paper should be attached with the filled Participation Form (empty form is available from our home page: www.ifpan.edu.pl/firststep).*
8. *IMPORTANT: The papers that do not conform to the above mentioned formal conditions are not evaluated. In particular that refers to the following papers:*
 - *written in language different than English or written by hand,*
 - *received after the deadline (the participants should have sent the papers out to the organisers early enough),*
 - *submitted without the Participation Form,*
 - *in which physics does not play a basic role,*
 - *which do not have a research character (descriptive papers, essays, papers without any own results received by the Authors etc. are rejected in the first pass of evaluation)*
 - *submitted by e-mail.*

Pada kompetisi pertama *The First Step* sambutannya sangat luar biasa, 23 negara berpartisipasi dan ada 134 makalah yang masuk. Dari makalah-makalah yang ada ini juri

memutuskan untuk memberikan hadiah pertama (*First Prize*) pada 3 siswa, *honorable mention* kategori riset 13 siswa, *honorable mention* kategori kontribusi 14 siswa dan *honorable mention* kategori instrumentasi dan alat sebanyak 11 siswa.

Pada kompetisi kedua 26 negara berpartisipasi. Disamping ada negara-negara baru yang ikut serta adapula negara yang tahun sebelumnya ikut tetapi tahun ini tidak ikut. Jumlah total negara yang pernah ikut dalam 2 kompetisi pertama ini ada 36 negara. Jumlah ini terus berkembang dan pada kompetisi ke 13 tahun 2005/2006 jumlah negara peserta yang pernah ikut kompetisi ini adalah 74 negara.

Tabel statistik dibawah ini menunjukkan negara-negara yang berpartisipasi dalam kompetisi *The First Step* ⁽²⁾.

Tabel 1. Negara yang berpartisipasi dalam kompetisi The First Step to Nobel Prize in Physics Competition dari kompetisi I sampai XIII (tahun 2005)⁽²⁾.

		P	A	R	C	I
1	Algeria	24	0	1	3	0
2	Argentina	1	0	0	0	0
3	Australia	2	1	0	1	0
4	Austria	1	0	0	0	0
5	Azerbaijan	27	0	0	4	0
6	Bangladesh	8	0	0	0	1
7	Belarus	26	0	8	3	4
8	Belgium	1	0	0	0	0
9	Brazil	3	0	0	1	1
10	Bulgaria	10	2	2	2	0
11	Cameroon	2	0	0	0	0
12	Canada	4	0	2	0	0
13	China	35	0	5	6	1
14	Colombia	2	0	0	0	0
15	Croatia	26	2	5	5	3
16	Cyprus	4	0	0	2	0
17	Czechlands	18	2	11	2	0
18	Egypt	17	0	0	3	0
19	Estonia	1	0	1	0	0
20	Ethiopia	26	0	0	1	2
21	Finland	1	0	1	0	0
22	Germany	2	0	0	0	1
23	Great Britain	6	2	2	0	2
24	Greece	38	1	3	8	0
25	Hungary	4	3	0	0	0
26	India	260	0	14	20	14
27	Indonesia	15	4	0	2	0
28	Iran	140	1	10	8	2

29	Iraq	9	0	0	0	0
30	Israel	35	1	17	4	0
31	Italy	10	0	0	0	0
32	Ivory Coast	1	0	0	0	0
33	Japan	8	1	2	1	1
34	Jordan	89	0	2	15	2
35	Kazakhstan	12	0	3	2	0
36	Kenya	8	0	0	0	1
37	Kuwait	60	0	1	0	0
38	Latvia	30	3	11	2	2
39	Lebanon	5	0	0	0	0
40	Lithuania	3	0	1	0	0
41	Macedonia	32	0	3	4	2
42	Malaysia	2	0	0	1	1
43	Marocco	2	0	0	0	0
44	Mexico	4	0	0	1	0
45	Namibia	1	0	0	0	0
46	Nigeria	43	0	0	1	4
47	Norway	6	0	6	0	0
48	Oman	5	0	0	0	0
49	Pakistan	12	0	0	1	0
50	Philippines	1	0	0	0	1
51	Poland	53	5	12	3	5
52	Portugal	1	0	0	0	0
53	Romania	71	1	7	10	5
54	Russia	71	5	16	9	2
55	Singapore	19	5	8	4	0
56	Slovakia	14	0	1	2	2
57	Slovenia	6	0	0	1	2
58	South Korea	4	0	1	0	2
59	Spain	2	1	0	0	0
60	Sweden	2	0	0	0	0
61	Switzerland	4	3	0	0	1
62	Syria	1	0	0	0	0
63	Taiwan	2	0	0	1	0
64	Tunisia	14	0	0	2	1
65	Turkey	228	3	24	18	23
66	Turkmenistan	4	1	0	0	0
67	UAE	11	0	0	0	0
68	Ukraine	128	11	20	13	6
69	USA	48	13	12	4	3
70	Uzbekistan	59	0	3	4	10
71	Venezuela	4	0	0	1	1
72	Vietnam	5	0	1	1	1
73	Serbia & Mon.	23	10	9	3	0
74	Zambia	1	0	0	0	0
TOTAL	75	4	81	225	179	109

P - number of Papers received
A - number of papers Awarded
R - number of papers that got Honorable Mention in category Research Papers
C - as above but in category Contributed
I - as above but in category Instruments and Devices

Juri

Dalam penentuan pemenang, peran dan kredibilitas juri sangat penting. Tiap makalah dinilai minimal oleh 3 juri yang berbeda. Penilaian makalah didasarkan pada originalitas, kreatifitas dan kejelasan dalam pengungkapan ide maupun penulisan makalah. Pada kompetisi pertama dan kedua seluruh juri berasal dari Polandia. Pada kompetisi ketiga 1 juri negara lain ikut. Pada kompetisi ke 4 sudah ada 10 juri asing. Saat ini 31 fisikawan internasional terlibat dalam penjurian kompetisi ini dari berbagai negara. Tabel berikut ini juri-juri yang terlibat dalam kompetisi *The First Step* ke-13 (tahun 2005)⁽²⁾.

1. Can ALTINELLER, Istanbul, Turkey
2. Przemysław BYSZEWSKI, Institute of Physics, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland
3. Witold DOBROWOLSKI, Institute of Physics, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland
4. Hiroshi EZAWA, Department of Physics, Gajushuin University, Tokyo, Japan
5. Zbigniew GORTEL, Department of Physics, University of Alberta, Edmonton, Canada
6. Waldemar GORZKOWSKI, Institute of Physics, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland
7. Ibrahim GUNAL, Physics Department, Middle East Technical University, Ankara, Turkey
8. Marek GUTOWSKI, Institute of Physics, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland
9. Avi HAUSER, Hauser and Associates., West Orange, USA
10. Hans JORDENS, Physics Department, Groningen, The Netherlands
11. Andrzej KOTLICKI, University of British Columbia, Vancouver, Canada
12. Stanislav KOZEL, Moscow Institute of Physics & Technology, Dolgoprudnyj, Russia
13. Marek KUŚ, Centre for Theoretical Physics, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland
14. Juan LEON, IMAFF/CSIC, Madrid, Spain
15. Ming-Juey LIN, Department of Physics, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan
16. Leonid MARKOVICH, Physics Department, Belarus State University, Minsk, Belarus

17. Andrzej MAJHOFER, Institute for Experimental Physics, Warsaw University, Warsaw, Poland
18. Helmuth MAYR, BGRG, Wien, Austria
19. Jan MOSTOWSKI, Institute of Physics, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland
20. Shigetoshi NARA, Engineering Faculty, Okayama University, Okayama, Japan
21. Dwight E. NEUENSCHWANDER, Southern Nazarene University, Bethany, Oklahoma, USA
22. Yohanes SURYA, TOFI, Tangerang-Karawaci, Indonesia
23. Sławomira SZUTOWICZ, Centre for Space Research, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland
24. Andrzej SZYMACHA, Institute for Theoretical Physics, Warsaw University, Warsaw, Poland
25. Leaf TURNER, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, USA
26. Viktor URUMOV, Cyril & Methodius University, Skopje, Macedonia
27. Srdjan VERBIC, Petnica Science Center, Valjevo, Serbia & Montenegro
28. Ivo VOLF, University of Hradec Kralove, Hradec Kralove, The Czechlands
29. Thad WARMINSKI, La Trobe University, Bundoora, Australia
30. Arthur WEST, Shoreline Community College, Seattle, USA
31. Andrzej WIŚNIEWSKI, Institute of Physics, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland

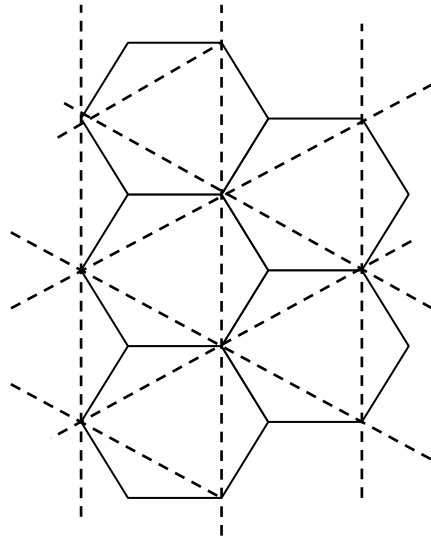
III. Mempersiapkan riset siswa/i Indonesia

A. Memilih Topik

Karena kompetisi ini mementingkan originalitas maka topik riset yang kita pilih harus original, bukan jiplakan. Topik boleh berupa perluasan dari suatu topik yang sebelumnya sudah diteliti oleh peneliti lain, boleh juga berupa topik yang menjadi keunikan dari daerah asal. Topik yang dipilih diharapkan mempunyai implikasi yang luas.

Made Agus Wirawan siswa SMUN 1 Bangli peserta kompetisi *The First Step* ke VII, memilih riset tentang menghitung hambatan listrik antara 2 titik sebarang dari suatu rangkaian tak hingga resistor-resistor yang membentuk kubus-kubus dalam tiga dimensi⁽³⁾. Ini merupakan perluasan riset dari Krzysztof Giaro tentang rangkaian resistor tak hingga dalam 2 dimensi dimana resistor-resistor ini membentuk persegi-persegi kecil⁽⁴⁾. Septinus George Saa dari SMAN 3 Jayapura Papua, peserta *The First Step* ke XII juga mengembangkan lebih jauh riset Giaro ini untuk suatu rangkaian resistor tak hingga tetapi untuk resistor-resistor yang membentuk segi-segi enam kecil⁽⁵⁾. Septinus menemukan banyak perbedaan yang berarti antara rangkaian segi enam ini dengan

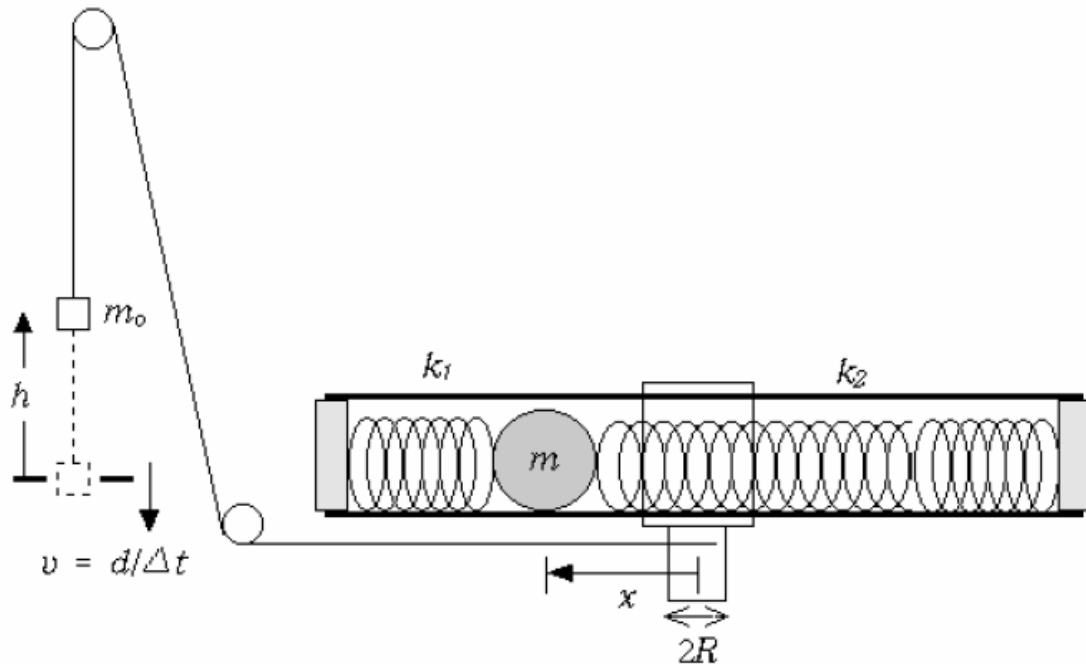
rangkaian segi empat yang dikembangkan oleh Giaro ini. Salah satu implikasi penemuan George Saa adalah menentukan hambatan listrik antara dua titik sebarang dari material yang membentuk rangkaian segi-enam seperti pada carbon nanotube.



Gb. 1 rangkaian resistor tak hingga segi-enam yang merupakan topik penelitian Septinus George Saa dalam kompetisi *The First Step ke-12*⁽⁵⁾.

Untuk kompetisi *The First Step* tahun 2005 para peserta dari Indonesia memilih topik yang sangat bervariasi. Kridha Budhi Handaya dari SMA Taruna Nusantara Magelang memilih topik gong Jawa. Ia membuat pemodelan bunyi yang ditimbulkan oleh gong Jawa yang merupakan salah satu alat musik khas Indonesia⁽⁶⁾. Kridha meneliti berbagai jenis gong diberbagai museum di Pulau Jawa. Dhina Susanti dari SMAN 3 Semarang lebih tertarik untuk menganalisa gerakan kok bulutangkis⁽⁷⁾. Gerakan kok ini ternyata belum banyak diteliti orang. Bahkan belum pernah ada riset tentang berbagai lintasan dari berbagai jenis pukulan bulutangkis seperti lob, smash, drop-shot dan sebagainya. Bulutangkis sangat populer di Indonesia, tentu implikasinya sangat luas. Dan terakhir Anike Bowaire dari SMAN 1 Serui Papua lebih tertarik meneliti gerakan *chaos*. Ide Anike ini muncul dari soal eksperimen *International Physics Olympiad* ke 34 yang menunjukkan pola-pola *chaos*. Anike yang waktu itu terpilih sebagai peserta training Olimpiade Fisika, memutuskan untuk meneliti gerakan *chaos* ini. Yang unik dari penelitian Anike ini adalah, bahwa selama ini banyak analisa *chaos* menggunakan model

pegas yang berayun dalam bidang vertikal, tetapi Anike berusaha menganalisa *chaos* dari gerakan pegas horizontal yang dipercepat⁽⁸⁾. Aplikasi gerakan *chaos* sangat luas sekali dari mulai gerakan tetes air yang keluar dari keran hingga keadaan cuaca di atmosfer kita.



Gb. 2 Eksperimen Olimpiade Fisika yang digunakan sebagai dasar pemilihan topik riset Anike Bowaire untuk kompetisi *The First Step ke-13*⁽⁸⁾.

Sebenarnya banyak topik-topik menarik lainnya yang dapat dieksplor lebih jauh. Misalnya alasan fisis yang mendasari pencarian air dengan menggunakan batang kayu seperti yang sering dilakukan oleh orang-orang dari Nusa Tenggara Timur; analisa gerakan bola-bola yang bertumbukan dalam suatu tumbukan berantai *Newton cradle* (bola-bola logam yang digantungkan berdekatan) atau analisa sifat dan struktur kayu khas Papua yang terendam air sekian lama lalu menjadi sangat keras sekali. Topik menarik lain yang dapat dieksplor adalah persamaan schrodinger untuk atom hidrogen untuk n-dimensi (analisa tingkat-tingkat energi atom hidrogen); gerakan *three body problem* seperti gerakan matahari, bumi dan bulan atau gerakan tiga benda lain yang berdekatan dan saling berinteraksi (analisa bagaimana ini dapat diaplikasikan tanpa

melanggar hukum fisika); difraksi 2 celah (bukan interferensi); mengukur indeks bias cairan yang sangat langka seperti air mata; analisa musik bel yang tentu punya aturan-aturan tertentu; dan masih banyak lagi tentunya.

Untuk mendapatkan ide-ide penelitian para peneliti muda dapat melihat-lihat situs tentang *science fair*. Disana banyak sekali topik-topik riset yang menarik. Biasanya dengan semakin banyak kita membaca berbagai topik-topik riset, semakin banyak pula ide-ide riset yang dapat kita telurkan.

B. Memperkuat materi dasar

Dalam melakukan riset sering kali siswa-siswa SMA terbentur pada materi-materi yang belum pernah diperoleh di SMA. Disini tugas pembimbing sangat penting untuk memberikan arahan materi apa saja yang harus diperdalam oleh siswa, sehingga siswa dapat mencari materi tersebut dan mempelajarinya baik dari buku-buku maupun dari internet. Jika ada bagian materi yang sangat sulit dimengerti siswa, tugas pembimbinglah untuk membuatnya mengerti.

Dalam penelitian Made Agus tentang rangkaian resistor tiga dimensi banyak materi universitas yang perlu dipelajari oleh Made misalnya deret *Fourier*, penyelesaian persamaan differensial, integral dan sebagainya. Waktu membimbing Agus, penulis meminjamkan buku-buku untuk dibaca Made serta meminta dia untuk membaca berbagai makalah yang berkaitan dengan rangkaian resistor. Made begitu ngotot dalam memperkuat materi dasar ini, ia sering terlihat berjam-jam membaca berbagai buku.

Demikian juga dengan Septinus George Saa, dibulan-bulan pertama penelitian ia banyak membaca buku fisika matematika tingkat perguruan tinggi. Ia juga banyak *mendownload* makalah-makalah dari internet yang berhubungan dengan rangkaian resistor tak hingga.

Anike yang memilih topik *chaos*, banyak *mendownload* berbagai makalah mengenai *chaos*. Ia juga membaca buku-buku *chaos* dari mulai tingkat yang paling mudah hingga yang sukar. Ia juga membaca buku-buku tentang menghitung differensial dan integral. Untuk perhitungan numeriknya, Anike banyak belajar tentang *programming* dengan komputer. Banyak sekali yang ia pelajari dalam waktu beberapa bulan di awal penelitiannya.

Dhina yang menganalisa tentang gerakan bulutangkis banyak belajar berbagai *software* yang mampu menganalisa gerakan suatu benda lalu. Ia juga banyak belajar mengekstrak berbagai data yang dibutuhkan seperti data kecepatan dan posisi dari berbagai video yang berisi gerakan-gerakan benda. Dhina juga belajar berbagai cara penyelesaian persamaan differensial, cara menggambar grafik dengan komputer dan sebagainya.

Belajar materi-materi baru bukanlah beban bagi mereka yang sungguh-sungguh ingin meneliti. Menurut para peneliti muda kita, salah satu kenikmatan meneliti adalah belajar materi-materi baru yang sebelumnya tidak pernah diperoleh di sekolah. Pengalaman dan skill mereka bertambah secara cepat sekali.

C. Melakukan riset

Dalam melakukan riset pertama kita harus mengetahui dulu jenis riset yang kita lakukan. Ada berbagai jenis riset. Ada riset teori dan ada juga riset eksperimen. Dalam riset teori ada riset teori murni yang berusaha memformulasikan teori baru seperti yang dilakukan oleh Einstein dalam mengembangkan teori relativitasnya. Tetapi ada juga riset teori fenomenologi. Dalam riset fenomenologi kita dihadapkan pada data-data, kemudian kita diminta untuk membuat pemodelan-pemodelan teori untuk menjelaskan data-data tersebut.

Dalam riset yang dibutuhkan oleh seorang peneliti adalah ketekunan, kerjakeras dan pantang menyerah. Dalam riset sikap menganggap riset sebagai sesuatu yang menyenangkan (bukan merupakan beban) juga sangat penting. Setiap orang yang pernah meneliti pasti pernah mengalami betapa banyaknya kesulitan-kesulitan dalam melakukan riset. Bagi siswa SMA kesulitan yang pertama adalah pemahaman materi-materi atau konsep-konsep fisika yang belum dipelajari di SMA. Mereka juga mengalami kesulitan dalam menentukan prioritas apa yang harus dikerjakan lebih dulu. Kesulitan lain adalah dalam perhitungan matematis dan perhitungan numerik (tidak teliti) dan sebagainya.

Made Agus Wirawan, Septinus George Saa yang melakukan riset teoritis berusaha membuat rumus umum untuk menghitung hambatan listrik antara dua titik sebarang dari rangkaian listrik tak hingga, baik untuk rangkaian yang berbentuk kubus (Made Agus) maupun rangkaian yang berbentuk heksagonal 2 dimensi (George Saa). Yang mereka

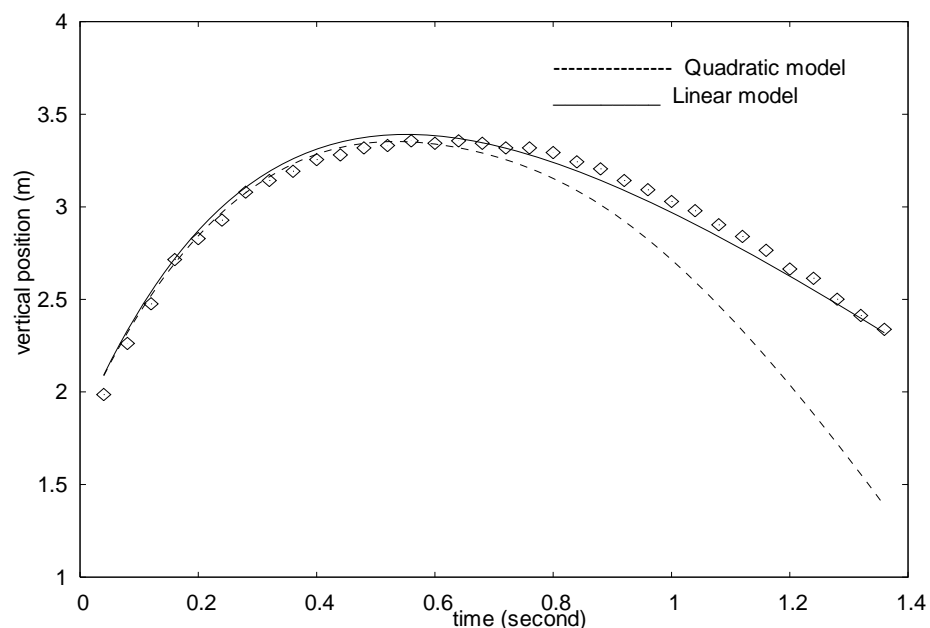
lakukan dalam riset ini, mula-mula mereka mencoba mengerti paper yang ditulis oleh Krzysztof Giaro tentang rangkaian resistor tak hingga dalam 2 dimensi dimana resistor-resistor ini membentuk persegi-persegi kecil⁽⁴⁾. Mereka belajar semua materi dalam paper itu yang belum pernah mereka temui selama di sekolah. Semua persamaan diturunkan. Kemudian mereka juga membaca berbagai buku referensi dan paper yang berkaitan dengan masalah mereka. Dalam melakukan penurunan rumus ini, mereka bekerja keras sekali, kadang tidak tidur. Perjalanan mereka untuk mengerti paper-paper ini tidak terlalu mulus, kadang kemajuan mereka sangat lambat, terutama ketika terbentur pada perhitungan integral ataupun aljabar yang begitu rumit. Ini juga terjadi ketika mereka terbentur pada perhitungan numerik (dengan komputer). Namun dengan kesabaran, kerja keras dan ketekunan yang luar biasa mereka bisa atasi semuanya.

Anike lain lagi, setelah belajar berbagai buku tentang *chaos* dari yang paling sederhana hingga yang sulit, ia belajar bagaimana melakukan berbagai simulasi dengan komputer. Ia membuat banyak sekali gambar gerakan *chaos* dengan komputer kebanyakan dengan program *Maple* atau program *Mathematica*. Sebelum menurunkan teori untuk pegas mendatar, Anike menurunkan rumus-rumus gerakan *chaos* dari pegas yang diayun vertikal. Sangat rumit dan sulit bagi murid SMA, tetapi dengan ketekunan dan kesabarannya, Anike mampu mengerjakan itu. Dan ia dapat menunjukkan bahwa pegas dalam keadaan mendatar yang dipercepat dengan percepatan konstan ternyata menunjukkan gejala *chaos*.

Kridha yang melakukan riset tentang gong, pergi ke tempat-tempat dimana gong-gong yang memperdengarkan bunyi khas tertentu. Ia mengunjungi berbagai museum lalu merekam bunyi berbagai jenis gong ini. Kemudian dengan suatu *software*, bunyi ini dianalisa dengan melihat perubahan spektrum frekuensinya. Disamping menganalisa bunyi ini, Kridha juga belajar banyak tentang fisika matematika terutama tentang fungsi-fungsi khusus (Bessel, Legendre dsb), dan berbagai persamaan differensial yang menjelaskan tentang gerak gelombang. Dari sini ia membuat pemodelan membran artinya getaran yang ditimbulkan oleh bunyi gong dianggap mirip dengan getaran membran. Kemudian hasil pemodelan ini dibandingkan dengan hasil eksperimen. Sayang sekali pemodelan yang dibuat Kridha tidak terlalu tepat. Hasil teorinya menyimpang

terlalu jauh dengan hasil eksperimen. Walaupun begitu juri menghargai sekali apa yang dilakukan oleh Kridha sehingga ia mendapat hadiah *honorable mention*.

Dhina lebih beruntung dari Kridha. Tema yang diambil Dhina tentang analisa gerak bulutangkis tidak terlalu serumit Anike ataupun Kridha. Disini hanya dibutuhkan kemampuan penyelesaian persamaan differensial yang tidak terlalu rumit artinya dapat dilakukan secara analitis. Walaupun demikian tetap Dhina harus bekerja keras untuk risetnya ini. Mula-mula ia mengambil video gerakan orang yang sedang bermain bulutangkis. Kemudian video ini dianalisa dengan *software* “*world in motion*”. Dhina berhasil mengekstrak data-data kecepatan dan posisi dari gerakan permainan bulutangkis. Dari data-data ini ia melakukan berbagai pemodelan untuk hambatan udara. Ia beruntung salah satu pemodelan yang ia buat (pemodelan dengan menganggap bahwa hambatan udara sebanding dengan linear kecepatan) ternyata cocok dengan data eksperimen yang didapatnya. Namun keberuntungan ini tidak diperoleh dengan mudah. Sebelum ia mendapat model yang benar, ia melakukan banyak sekali pemodelan. Pekerjaan mem’*fit*’ data dengan komputer sangat melelahkan. Kadang sulit sekali mencari kesalahan dalam programming. Namun kembali ketekunan, kerja keras dan kesabaran membuahkan hasil yang baik.



Gb.3. Hasil penelitian Dhina tentang gerakan shuttlecock dimana ia menganggap gaya hambat udara berbanding linear dengan kecepatan (garis tebal) dan berbanding dengan kuadrat kecepatan (garis putus-putus). Perhatikan betapa bagus hasilnya dibandingkan dengan hasil eksperimen⁽⁷⁾.

D. Menulis karya ilmiah

Selesai penelitian, siswa harus menuliskan hasil karyanya ini dalam bentuk tulisan ilmiah yang dapat dimengerti oleh juri ataupun pembaca lainnya.

Biasanya dalam suatu karya ilmiah ada 3 bagian yang penting yaitu pendahuluan, isi dan kesimpulan. Dalam pendahuluan kita menceritakan tentang latar belakang kenapa kita melakukan penelitian ini dan apa yang menarik dari masalah yang akan diteliti ini, dan pendekatan apa yang akan kita lakukan serta mengapa pendekatan kita ini lebih baik dari pendekatan sebelumnya (jika ada). Kemudian pada bagian isi kita menjelaskan secara detil teori atau pendekatan apa yang akan kita gunakan, cara kita melakukan penelitian ini, pengumpulan data dan analisa data-data yang kita peroleh itu. Akhirnya dalam bab kesimpulan kita memberikan kesimpulan dari hasil penelitian kita dan pengembangan atau perluasan lebih lanjut penelitian ini (jika ada).

Untuk dapat menulis suatu karya ilmiah yang baik, tidak mudah namun juga tidak terlalu sukar. Yang diperlukan adalah suatu pelatihan bagi para siswa untuk menulis dengan baik.

Selama penulis membimbing para peserta *The First Step* ini, biasanya sebelum penelitian dimulai, peserta diberi training cara menulis suatu karya ilmiah. Untuk tahun 2005 ini kami meminta bantuan jurusan fisika Universitas Indonesia dalam mengarahkan siswa untuk menulis dengan baik.

Pengalaman penulis, yang menjadi kesulitan bagi siswa dalam menulis karya ilmiah adalah di bagian pendahuluan dimana mereka harus menjelaskan ide penelitian secara jelas dan mudah dimengerti. Pada bagian isi yang sulit adalah menjelaskan hasil analisisnya. Disini peran pembimbing sangat besar baik untuk mendorong maupun untuk mendiskusikan cara terbaik menyajikan ide dan hasil ini dengan bahasa yang mudah difahami oleh pembaca.

E. Mengirimkan karya ilmiah ke kompetisi Internasional

Untuk mengirimkan karya ilmiah ke kompetisi Internasional, karya ilmiah harus diterjemahkan dalam bahasa Inggris yang baik. Bahasa Inggris yang dipakai jangan terlalu berbelit-belit. Usahakan sesedeharna mungkin sehingga dapat dimengerti oleh

para juri. Karena kompetisi ini bukan kompetisi bahasa, maka kita boleh menggunakan penterjemah untuk menterjemahkan makalah kita dalam bahasa Inggris. Namun dalam memilih penterjemah sebaiknya penterjemah adalah orang yang mengerti fisika. Seringkali kalau kita menggunakan penterjemah umum, hasil terjemahannya menjadi sangat aneh.

Hal lain yang perlu diperhatikan dalam mengirimkan karya ilmiah ini adalah *dead line* waktu penyerahan makalah. Jangan terlambat mengirim suatu karya ilmiah. Juri bisa saja menolak jika makalah kita tiba terlambat di meja juri. Jika ini terjadi maka akan menjadi kerugian yang sangat besar bagi si peneliti.

Bab IV Kesimpulan

Melatih remaja butuh kesabaran. Mereka seperti suatu bejana tanah liat yang siap dipoles dan dibentuk menjadi peneliti-peneliti tangguh. Kita harus tekun membantu mereka dari awal penelitian hingga makalah selesai dibuat dan dikirim. Membantu bukan berarti mendikte. Dorong terus dikala mereka terbentur kesulitan. Bangkitkan motivasi. Temani dikala putus asa. Memang besar pengorbanan dalam membimbing siswa ini, namun hasilnya akan sangat membahagiakan kita. Seandainya tidak menang, kita hiburan siswa agar tidak kecewa, paling tidak ia telah belajar sesuatu. Kridha belum berhasil tapi ia belajar bagaimana jadi peneliti. Apapun hasilnya yang pasti adalah kita telah melatih seorang anak menjadi peneliti yang handal.

Bagi para siswa beberapa hal yang kami sarankan adalah:

1. Rajin-rajinlah melihat di internet berbagai topik dan abstrak dari berbagai kompetisi riset seperti science fair di berbagai negara. Ini akan memperluas cakrawala dan memunculkan ide-ide penelitian.
2. Ketika dalam penelitian anda terbentur kesulitan, jangan menyerah. Tetap tekun, kerja keras dan nikmati penelitian itu. Cari referensi yang dapat membantu atau tanya peneliti senior, siapa tahu mereka dapat membantu menghilangkan batu penghalang itu. Ingat jangan jadikan penelitian ini suatu beban.

3. Berlatihlah menulis. Anda bisa menulis di majalah sekolah, ataupun koran-koran lokal. Dengan sering menulis, lebih memudahkan Anda untuk menceritakan suatu ide dengan jelas. Hal mana sangat penting dalam penulisan karya ilmiah yang baik.

Daftar Pustaka

1. Waldemar Gorzkowski, private communication 2004
2. Situs The First Step to Nobel Prize in Physics competition
<http://info.ifpan.edu.pl/firststep/>
3. Krzysztof Giaro, "A Network of Resistor," Young Physicists Research Papers, Instytut Fizyki PAN Warszawa 1998. p 27-37.
4. I Made Agus Wirawan, "Analysis of Cubic Infinite Network of resistors," Proceedings of the Seventh International Competition in Research Projects in Physics of High School Students 1998/1999. pp. 33-41 Warszawa 2000
5. Septinus George Saa, "Infinite Triangle and hexagonal networks of identical resistor," Proceedings of the Twelfth International Competition in Research Projects in Physics of High School Students 2003/2004. pp.49-60. Warszawa 2005.
6. Kridha Budhi Handaya, "Javanese Gong Analysis", submitted to The First Step to Nobel Prize in Physics Competition 2004/2005.
7. Dhina Susanti, "Curved motion of a Shuttlecock" , submitted to The First Step to Nobel Prize in Physics Competition 2004/2005.
8. Anike Bowaire, "Chaos in an Accelerated Rotating Horizontal Spring" , submitted to The First Step to Nobel Prize in Physics Competition 2004/2005.