

**PENGEMBANGAN MODEL PEMBELAJARAN POTS  
(PRECONDITIONING, ORGANIZING, THINKING, SIMULATING)  
UNTUK PEMBELAJARAN FISIKA KUANTUM**

**Zainur Rasyid Ridlo, Indrawati, Agus Abdul Gani**

Program Studi Magister Pendidikan IPA Universitas Jember  
Jl. Kalimantan No. 37 Jember 68121  
e-mail: zen.ridlo@gmail.com

**Abstract:** Quantum physics is one of the subjects on advanced physics. Characters of quantum physics is abstract and uses complex mathematical equations. The difficulties experienced by students in study of quantum physics related by character quantum physics and mathematical equations. Required learning model that is capable of quantum physics makes learning more effective and efficient. Learning model that was developed and implemented in the course of quantum physics is a POTS learning model that consists of four stages: preconditioning, organizing, thinking, and simulating. Development of model POTS using design 4 D (define, design, develop, disseminate). The results of the development model POTS is valid. Implementation of model POTS shows the average value of the effectiveness of the learning outcome indicators reached either category (76.85). Students' learning activities using POTS models reaching the active category (74.02 %).

**Keywords:** *quantum physics, POTS, learning outcome, students' activities.*

## **PENDAHULUAN**

Pembelajaran fisika kuantum secara mendalam diberikan pada tingkat perguruan tinggi. Karakter materi yang ada pada fisika kuantum berbeda dengan karakter materi fisika pada tingkat dasar. Siregar (2012: 209) menyatakan fisika kuantum merupakan teori yang aneh, di dalam teorinya, partikel diberlakukan sebagai gelombang dan energinya tidak diskrit, posisi serta momentumnya juga tidak dapat ditentukan secara pasti. Hal ini sangat bertolak belakang dengan kerangka berpikir fisika dasar yang membedakan antara karakteristik gelombang dan karakteristik partikel, serta tingkat energinya yang diskrit.

Beberapa pakar pendidikan tinggi berpendapat bahwa fisika kuantum sulit dipelajari, karena berpusat pada intuisi, bentuk matematika yang menantang (kompleks), dengan karakter materi yang abstrak (Kagan, 2007: 4503). Pendapat yang identik juga dikemukakan oleh Johnson (1998: 427) yang menyatakan terdapat dua kesulitan dalam mempelajari fisika kuantum. Pertama, konsep yang disampaikan pada umumnya menggunakan pendekatan matematik, kedua, belum ada solusi/penyelesaian untuk mengatasi pembelajaran dengan sifat materi yang relatif abstrak. Purwanto (2009: 7) menyatakan penyebab kesulitan dalam mempelajari fisika kuantum tidak lain adalah aspek matematis, khususnya hubungan antara operator dan interpretasi arti fisis yang terkait. Fisika kuantum adalah sulit dan bersifat abstrak, mahasiswa perlu meningkatkan kemampuan matematika dan konsep pendukungnya (Singh, 2008: 4000). Berdasarkan beberapa pendapat yang dikemukakan oleh para ahli, dapat disimpulkan bahwa, pada umumnya kesulitan yang dialami mahasiswa dalam mempelajari fisika kuantum disebabkan oleh beberapa hal yaitu; (1) karakter materi yang abstrak dan arti fisis persamaan. (2) minimnya pemahaman mahasiswa mengenai persamaan matematika yang

digunakan. Pada umumnya materi fisika kuantum banyak disajikan dengan representasi grafik dan pemodelan, sehingga mewajibkan mahasiswa untuk dapat memahami beberapa konsep pendukung yang digunakan, diantaranya, mekanika, gelombang dan optik, termodinamika, listrik dan magnet serta fisika modern yang semuanya merupakan mata kuliah prasyarat.

Kemampuan pertama yang harus dikuasai oleh mahasiswa yang akan mempelajari fisika kuantum adalah kalkulus dan penguasaan konsep fisika modern. Senada dengan pendapat yang dikemukakan oleh Singh (2007: 674) bahwa fisika kuantum adalah sulit dan bersifat abstrak, mahasiswa perlu meningkatkan kemampuan matematika dan konsep pendukungnya. Dalam tahap awal pembelajaran fisika kuantum diperlukan pengaturan (*setting*) kondisi awal sebelum memasuki materi pokok yang akan dipelajari, agar mahasiswa memiliki satu gambaran berpikir mengenai konsep dasar yang sama. Fase ini disebut *Preconditioning* yang dimunculkan untuk menguatkan materi pendukung atau prasyarat di bidang fisika modern, fisika matematika dan fisika komputasi). Baily dan Noah (2011: 2) berpendapat untuk mempelajari fisika kuantum diperlukan pemahaman matematika tingkat tinggi. Kriteria terlaksananya fase persiapan atau *preconditioning* adalah mahasiswa harus memiliki pengetahuan mengenai materi prasyarat tersebut dengan baik.

Penyusunan peta konsep yang benar mampu mengarahkan mahasiswa dalam meningkatkan efektifitas pembelajaran serta berfungsi sebagai pendukung diagram alir (*flowchart*) dalam pembuatan algoritma pemrograman. Berdasarkan uraian mengenai pentingnya peta konsep dalam pembelajaran maka *mind mapping* dapat digunakan sebagai salah satu strategi dalam pembelajaran fisika kuantum untuk mencapai efektifitas pembelajaran yang baik. Pola yang ada dalam peta konsep yang dibuat memudahkan mahasiswa dalam menyusun pengetahuan yang ada pada fungsi otak secara sistematis. Penggunaan peta konsep memungkinkan siswa untuk mengekspresikan diri mereka secara bebas (Hilger, 2012: 3). Fase berikutnya yang dapat dilakukan dalam pembelajaran fisika kuantum ini dinamakan fase *Organizing*.

Dalam mempelajari fisika kuantum diperlukan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang tergolong kemampuan berpikir kritis dan analitis. Keterampilan berpikir kritis dan analisis secara esensial merupakan keterampilan menyelesaikan masalah (*problem solving*). Menurut Paul dan Elder (2014: 216), berpikir kritis merupakan cara bagi seseorang untuk meningkatkan kualitas dari hasil pemikiran menggunakan teknik sistemasi cara berpikir dan menghasilkan daya pikir intelektual dalam ide-ide yang digagas. Germaine (2016: 532) menyatakan bahwa "*critical thinking and problem solving skills, which include reasoning effectively, using systems thinking, making sound judgments and decisions, and solving problems*". Hal ini jelas bahwa berpikir kritis, analisis dan kemampuan memecahkan masalah memberikan pembelajaran yang efektif dalam pembentukan keputusan dan penyelesaian masalah. Fase ini perlu dimunculkan dalam kegiatan pembelajaran fisika kuantum. Fase ketiga ini disebut *Thinking* yang berfungsi untuk memaksimalkan potensi yang dimiliki oleh mahasiswa khususnya pada kemampuan berpikir kritis, analisis.

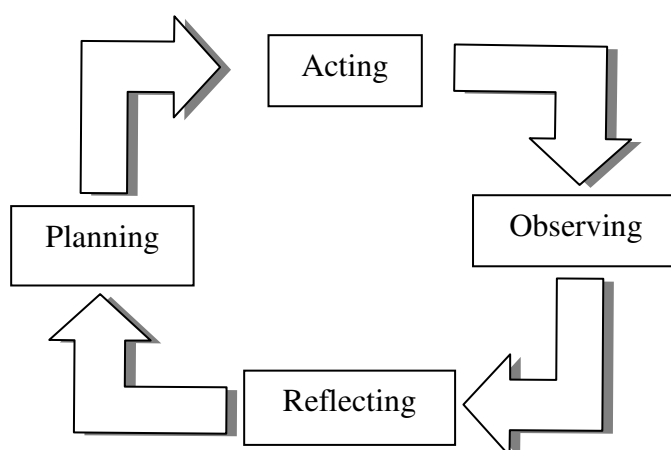
Integrasi antara latihan dan visualisasi dapat memudahkan mahasiswa untuk mengembangkan intuisi (Singh, 2008: 400). Intuisi sangat diperlukan untuk membangun logika berpikir dan memprediksi formulasi yang digunakan. Singh (2008: 401) menyatakan penggunaan visualisasi dapat membuat pembelajaran lebih efektif. Penggunaan aplikasi multimedia interaktif dalam pembelajaran akan meningkatkan efisiensi, motivasi, serta memfasilitasi belajar aktif, belajar eksperimental, konsisten, dengan belajar yang berpusat pada siswa (Exline, 2004: 231). Hasrul (2010: 342) menyatakan bahwa simulasi dan visualisasi merupakan fungsi khusus yang dimiliki oleh

multimedia interaktif sehingga dengan teknologi animasi, simulasi dan visualisasi komputer, pengguna akan mendapatkan informasi yang lebih nyata dari informasi yang bersifat abstrak. Dalam beberapa kurikulum dibutuhkan pemahaman yang kompleks, abstrak, proses dinamis dan mikroskopis, sehingga dengan simulasi dan visualisasi peserta didik akan dapat mengembangkan mental model dalam aspek kognitifnya. Fase ini disebut *Simulating* yang menekankan pada kemampuan mahasiswa dalam menyusun dan menampilkan algoritma pemrograman berbasis Matlab dengan berpedoman pada *flowchart* yang telah disusun.

Pengembangan model pada makalah ini berfokus untuk jenjang perguruan tinggi, tujuan dari penulisan makalah ini untuk: (1) mendeskripsikan model pembelajaran POTS (*Preconditioning, Organizing, Thinking, Simulating*) yang valid untuk pembelajaran fisika kuantum di perguruan tinggi; (2) untuk mendeskripsikan efektifitas model pembelajaran POTS untuk pembelajaran fisika kuantum di perguruan tinggi; (3) untuk mendeskripsikan aktifitas belajar mahasiswa dengan menggunakan model pembelajaran pots untuk pembelajaran fisika kuantum di perguruan tinggi.

### METODE

Pengembangan model pembelajaran POTS (*Preconditioning, Organizing, thinking, simulating*) merupakan penelitian pengembangan di bidang pendidikan. Penelitian pengembangan merupakan penelitian yang menghasilkan produk tertentu (Sugiono, 2015: 407). Produk yang dihasilkan dalam penelitian pengembangan ini yaitu model pembelajaran. Penelitian pengembangan ini menggunakan model penelitian 4D yang disarankan oleh Thiagarajan dan Semmel. Model 4D terdiri dari empat tahap pengembangan tahap pertama adalah pendefinisian (*define*), Perencanaan (*design*), Pengembangan (*develop*), dan Penyebaran (*desseminate*) (Thiagarajan dan Semmel, 1974: 5). Teknik pengumpulan data dari angket, tes hasil belajar, dan observasi. Analisis data menggunakan deskriptif kualitatif. Pengembangan model pembelajaran POTS ini dikaji melalui desain penelitian tindakan atau *action research (AR)*, dengan siklus pelaksanaan modifikasi model Lewin yang ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1 Prosedur Penelitian Tindakan Model Lewin.

Tahapan penelitian tindakan pada pengembangan Model POTS

a. *Planning*

Pada tahap ini yang dilakukan oleh peneliti adalah merencanakan tujuan pembelajaran yang akan dicapai pada saat pelaksanaan pembelajaran, mempersiapkan silabus, RPP, instrument penilaian dan media pembelajaran yang akan digunakan.

b. *Acting*

Pada tahap ini dilakukan implementasi model pembelajaran POTS (*Preconditioning, Organizing, Thinking, Simulating*) yang telah divalidasi oleh pakar. Efektivitas model POTS yang didapatkan dari rata-rata nilai *post-test* dan aktivitas mahasiswa saat menggunakan model pembelajaran POTS.

c. *Observing*

Tahapan ketiga dari penelitian tindakan adalah memantau kegiatan pembelajaran yang sedang berlangsung, mengamati masing-masing aktivitas mahasiswa dengan bantuan observer, dan mengevaluasi hasil belajar mahasiswa dan aktivitas mahasiswa.

d. *Reflecting*

Tahapan terakhir dari penelitian tindakan adalah merefleksi catatan observer, menganalisis hasil belajar mahasiswa, mencatat kelemahan-kelemahan yang ada dalam implementasi model POTS, untuk dilakukan perbaikan dan pelaksanaan siklus kedua hingga mencapai hasil yang diharapkan (*valid*). Tahapan-tahapan pada penelitian tindakan membentuk satu siklus, dapat dilanjutkan ke siklus berikutnya dengan rencana, tindakan, pengamatan, dan refleksi ulang berdasarkan hasil yang dicapai pada siklus sebelumnya.

### Tempat dan Subjek Uji Coba

Tempat uji coba model pembelajaran POTS (*Preconditioning, Organizing, Thinking, Simulationing*) yaitu di Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember. Subjek penelitian pengembangan ini adalah mahasiswa semester genap pada tahun pelajaran 2015/2016.

### Teknik Pengumpulan Data

Efektivitas model pembelajaran POTS berdasarkan skor hasil *post test*. Teknik yang digunakan untuk mengumpulkan data adalah observasi. Data skor penguasaan konsep materi perkuliahan dihasilkan melalui tes tulis yang berupa penguasaan konsep materi secara kognitif. Aktivitas belajar mahasiswa diamati dengan menggunakan lembar observasi.

### Teknik Analisis Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian berupa hasil *post-test* mahasiswa dan aktivitas belajar mahasiswa. Hasil *post-test* dan aktivitas belajar mahasiswa dianalisis secara deskriptif berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Hasil analisis data ini selanjutnya digunakan sebagai bahan refleksi implementasi model pembelajaran POTS untuk perbaikan model POTS siklus selanjutnya, hingga menemukan tahap-tahap model POTS yang dipikirkan paling baik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penilaian oleh ahli pembelajaran di perguruan tinggi terhadap model pembelajaran POTS (*Preconditioning, Organizing, Thinking, Simulating*) untuk pembelajaran fisika kuantum di perguruan tinggi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Penilaian Validasi Ahli Terhadap Model Pembelajaran POTS.

Jenis Prototipe	Skor Validasi	Kategori
<i>Prototipe-1</i>	71%	Valid
<i>Prototipe-2</i>	75%	Valid
<i>Prototipe-3</i>	83%	Sangat Valid
<i>Prototipe-4</i>	87%	Sangat Valid
Rata-rata skor	79%	Valid

Data kuantitatif pada Tabel 1 dianalisis menggunakan perhitungan nilai rata-rata dari lembar validasi dan menjadi data kualitatif deskriptif. Dengan menggunakan kriteria validitas sehingga diperoleh tingkat kategori panduan model POTS yang dikembangkan meliputi unsur-unsur model pembelajaran (sintakmatik, sistem sosial, prinsip reaksi, sistem pendukung, dampak instruksional dan dampak pengiring). Kategori diperoleh dengan menghitung data hasil validasi setiap aspek penilaian. Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa *prototipe-4* merupakan prototipe yang terbaik dengan skor validasi 87%. Rata-rata nilai validasi model POTS oleh ahli pembelajaran adalah 79% termasuk kategori valid. Tabel 2 menjelaskan sintakmatik model pembelajaran POTS.

Tabel 2 Sintakmatik Model Pembelajaran POTS.

Tahap	Fase
<i>Preconditioning</i>	Fase 1 : Melakukan tanya jawab pada mahasiswa terkait beberapa pengetahuan dasar di bidang persamaan matematika, Fisika dan Komputasi.
	Fase 2 : Menugaskan mahasiswa menelaah persamaan matematika, konsep pendukung Fisika Kuantum dan metode komputasi yang akan digunakan.
	Fase 3 : Mahasiswa melengkapi catatan dengan menggunakan literatur tambahan yang diberikan dan hasil telaah persamaan matematika, konsep pendukung Fisika Kuantum dan metode komputasi yang digunakan.
<i>Organizing</i>	Mahasiswa membuat peta konsep dan melengkapi beberapa istilah yang ada pada peta konsep tersebut dengan persamaan yang sesuai.
<i>Thinking</i>	Fase 1 : Menganalisis persamaan, dan mencocokkan hasil yang didapatkan dengan konsep dan teori yang ada.
	Fase 2 : Melakukan perhitungan menggunakan persamaan matematika.
<i>Simulating</i>	Fase 1 : Mahasiswa membuat diagram alir ( <i>flowchart</i> ).
	Fase 2 : Mahasiswa membuat M-File.

Sistem sosial dalam model pembelajaran POTS adalah pembentukan kelompok oleh mahasiswa, interaksi antar mahasiswa untuk bertukar ide. Mahasiswa bebas mengemukakan pendapat dan dosen melakukan pengendalian di kelas, agar tercipta suasana pembelajaran yang efektif dan efisien.

Prinsip reaksi dalam model pembelajaran POTS adalah dosen sebagai fasilitator yang dapat memandu serta meluruskan pengetahuan yang dimiliki oleh mahasiswa dalam penyusunan peta konsep, analisis persoalan pada fisika kuantum, dan penyusunan algoritma pemrograman.

Sistem pendukung untuk mengimplementasikan model pembelajaran POTS adalah *Software* Matlab, literatur pendukung di bidang fisika kuantum, matematika, dan komputasi. contoh algoritma pemrograman matlab. Modul khusus visualisasi 3 D.

Dampak instruksional yang dihasilkan oleh model POTS adalah keterampilan berpikir tingkat tinggi dan keahlian membuat algoritma pemrograman menggunakan Matlab. Dampak pengiring model POTS adalah mahasiswa memiliki semangat untuk mengembangkan kreatifitas/berkreasi (pembuatan M-file), tekun, mampu berpikir logis dan sistematis, mampu bekerjasama untuk memecahkan masalah (*problem solving*).

Efektifitas model pembelajaran POTS diperoleh dari nilai hasil *post-test* mahasiswa setelah menggunakan model pembelajaran POTS (dengan kriteria pencapaian  $\geq 70$ ). Data yang diperoleh dari uji pengembangan yang telah dilaksanakan yaitu data hasil belajar mahasiswa pada saat menggunakan model pembelajaran POTS. Hasil belajar mahasiswa digunakan adalah nilai *post-test* pada setiap siklus yaitu siklus 1, siklus 2, dan siklus 3, dan siklus 4. Rata-rata nilai hasil belajar mahasiswa menggunakan model pembelajaran POTS ditunjukkan oleh Tabel 3

Tabel 3 Nilai Rata-rata Hasil *Post-test* Pengembangan Model POTS.

Siklus	Nilai rata-rata Post-test	Kategori
Siklus 1	74,68	Baik
Siklus 2	73,75	Baik
Siklus 3	78,36	Baik
Siklus 4	80,63	Sangat Baik

Data aktivitas belajar mahasiswa selama proses pembelajaran dengan menggunakan model pembelajaran POTS berdasarkan kriteria aktivitas mahasiswa ditunjukkan oleh Tabel 4.

Tabel 4 Kriteria Aktivitas Mahasiswa.

Siklus	Nilai Aktivitas Belajar Mahasiswa	Kriteria
Siklus 1	66,21 %	Aktif
Siklus 2	71,29 %	Aktif
Siklus 3	77,93 %	Aktif
Siklus 4	80,63 %	Sangat Aktif

Aktivitas mahasiswa diperoleh pada siklus 1 adalah 66,21% kategori aktif, nilai aktivitas mahasiswa pada siklus 2 adalah 71,29% dengan kategori aktif. Nilai aktivitas mahasiswa pada siklus 3 adalah 77,93% dengan kategori aktif. Nilai aktivitas mahasiswa pada siklus 4 adalah 80,63% dengan kategori sangat aktif.

## KESIMPULAN

- Model pembelajaran POTS valid untuk pembelajaran fisika kuantum dengan sintakmatik *preconditioning, organizing, thinking, simulating*.
- Model pembelajaran POTS efektif digunakan untuk pembelajaran fisika kuantum di perguruan tinggi yang dapat ditunjukkan oleh peningkatan hasil belajar siswa pada kategori tinggi mencapai nilai rata-rata 76,85.
- Aktivitas belajar mahasiswa dalam pembelajaran fisika kuantum menggunakan model pembelajaran POTS di perguruan tinggi pada kategori aktif dengan persentase aktivitas 74,02%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar. S. (2013). *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Cetakan Kedua. Bandung: PT Remaja Kosdakarya.
- Arikunto. S. (2010). *Manajemen Penelitian*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Arikunto. S. (2010). *Prosedur Penelitian. Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Arikunto. S dan Suhardjono. (2007). *Penelitian Tindakan Kelas*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Buzan. T. (2009). *Buku Pintar Mind Map*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Dahar. R. W. (2011). *Teori-teori Belajar*. Jakarta: Erlangga.
- Exline. (2004). Workshop: *Inquiry-based Learning*. [Tersedia Online]. [http://www.thirteen.org/edonline/concept222class/inquiry/index\\_sub2.html](http://www.thirteen.org/edonline/concept222class/inquiry/index_sub2.html). Tanggal Akses 25 Februari 2015.
- Gagne. R. (1977). *The Conditions of Learning. Third Edition*. Holt. Rinehart and Winston.
- Hilger. Thais. R. (2012). The use of mind maps and concept maps in quantum mechanics at high school level. *Proc. of the fifth Int. Conference of Concept Mapping*.
- Indrawati. (2011). *Model-Model Pembelajaran*. FKIP. Universitas Jember.
- Joyce B. Weil M. (2004). *Models of Teaching. Sixth edition*. Boston: Allyn and Bacon.
- Kagan. Mc. (2007). *Developing and Researching PhET simulations for Teaching Quantum Mechanics. Physics Education Research*. 1(0709):
- Lewin. Kurt. (1992). *Instructional Design Theory and Models : An Overview of Their Current Status*, Charles M. Regeluth (ed), Lawrence Erlbaum Associates, London.
- Purwanto. A. (2009). *Fisika Kuantum*. Yogyakarta: Gava Media.
- Ridlo, Z. R. (2015). Kajian teoritik model pembelajaran POTS (*precondition, organizing, thinking, simulation*) dalam pembelajaran fisika modern di perguruan tinggi. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*. FKIP Universitas Jember
- Ridlo, Z. R. (2015). Model bahan ajar fisika modern berbasis multirepresentasi (verbal, grafik, matematik, dan algoritmik) untuk meningkatkan kemampuan berfikir tingkat tinggi mahasiswa fisika. *Prosiding Seminar Nasional*. Program Studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember.
- Ridlo, Z. R. (2016). Matlab sebagai sarana mengembangkan kemampuan berfikir tingkat tinggi pada mata kuliah fisika kuantum. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains 2016*. Program Studi Pascasarjana Pendidikan Sains 2016. Universitas Negeri Surabaya.
- Singh, C. (2006). *Student Undertanding of Quantum Mechanics*. <http://American Journal of Physics. 2001 - scitation.aip.org> diakses tanggal 28 Juni 2015 pukul 17.14 WIB.
- Singh, C. (2008). *Interactive Learning tutorials on quantum mechanics*. <http://aapt.org/ajp> diakses tanggal 24 Juni 2015 pukul 12.31 WIB.
- Singh, C. (2008). Using an isomorphic problem pair to learn introductory physics: Transferring from a two-step problem to a three-step problem. (Online) *Journal Physics Education Research*. Vol. 9, No. 020114; Tersedia di: [http://prstper.aps.org/pdf/isomorphic problem/ /i1/020114](http://prstper.aps.org/pdf/isomorphic%20problem/i1/020114) (18 Juni 2015).
- Siregar. R. E. (2010). *Teori dan Aplikasi Fisika Kuantum*. Bandung: Widya Padjajaran
- Thiagarajan. S dan Semmel D. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children*. Minnesota. Indiana University Press.