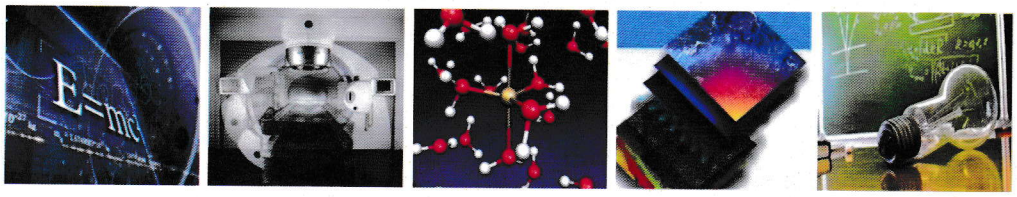
SnF 2015

PROSIDING
Seminar Nasional Fisika

FMIPA Universitas Mataram-Lombok, 14-15 November 2015



"Kontribusi Fisika dan Pengajaran Fisika dalam Pengembangan Potensi Sumber Daya Lokal dan Lingkungan"

HFI

UNIVERSITAS MATARAM

Program Studi Fisika FMIPA Universitas Mataram
dan Himpunan Fisikawan Indonesia

PROSIDING SEMINAR NASIONAL FISIKA: Kontribusi Fisika dan Pengajaran Fisika dalam Pengembangan Potensi Sumber Daya Lokal dan Lingkungan

Penulis:
Mitra Djamal, Maria Evita, Bernd Zimanowski, dan Klaus Schilling, Wahyu Triyono, Setiya Utari, C. Cari, A. Suparmi, U.A. Deta, and Andri S. Husein, Iwan Sugriwan, Oni Soesanto, Adi Rachmattullah, Ade Agung Harnawan, Arfan Eko Fahrudin, Endarko, Amar Vijai Nasrulloh, Nurma Sari, Islahudin, Johri Sabaryati dan Doni Ramadoan, Nurul Qomariyah, Desi Arisandi, Pandini, Rahadi Wirawan, Yadnya Made Sutha, udiarta I Wayan, Harnawan Ade Agung, Nasution H.R. Ramdani A.S dan Wijanarko A., Syamsul Muhayadi, Laili Mardiana, Kasnawi Al Hadi, Lily Maysari Angraini, Nurul Qomariyah, Dahyunir Dahlan, Muhammad, Anshori, Harmadi , Haerul Fahmi, Dian Wijaya Kurniawidi, Siti Ala'a, Susi Rahayu, Susilawati, Ari Doyan, Khaerunisa, Rahmat Rasyid, Muharmen, Wendri, Harmadi, Meli Muchlian, Dahyunir Dahlan, Sri Mulyadi Dt. Basa, Sri Handani, Ayu Sucia Rahmi, Ispurwanti, Dian Wijaya Kurniawidi, Siti Ala'a, Susi Rahayu, Komang Gde Suastika, Heri S, Gunarjo, Sadiana, Darmaji, Aris Doyan, Susilawati, Sahlam, Dwi Sabda Budi Prasetya, Dwi Pangga, Agustinasari, Yus'iran, Aloysius Rusli, Berdinata Massang, Triwiyono, Jan Pieter, Martha Loupatty, Endang Susilawati, Hikmawati, Joni Rokhmat, Gunawan, Muliana, Nur Arip Budiman, Chaerul Rochman, Wahyuni Handayani, Vidya Setyaningrum, Wahyu Sopandi, Fartina, Lily Maysari Angraini, Baiq Rahayu, Lily Maysari Angraini, I Gde Mertha, Satutik Rahayu, Kasnawi Al hadi, Joni Rokhmat, Reski Kurniawan, Nur Arfah Sarifuddin, Bahrul Ulum, Muh. Altin Massinai, Muh Fawzy Ismullah priadi Putra, IW Sudiarta, Laili Mardiana, Muhammad Fawzy Ismullah M. dan Erlangga Ibrahim Fattah Firman Hadi Muhammad, Arif Wijaya, Suhayat Minardi, I Gusti Lanang Wiratma, I Wayan Subagia, Andi Mutia Fitri, Suhayat Minardi, Alfina Taurida Alaydrus, I Nengah Simpen, I Nyoman Sutarpa Sutama, I Wayan Redana, Siti Zulaikah, Syamsuddin dan Isya Ashari.

Editor:
Dr. Suhayat Minardi, S.Si., M.T.
I Wayan Sudiarta, Ph.D.
Dr. Marzuki, M.Si.
Dr. Ahmad Harjono, M.Pd.

Lay Out:
Dr. Suhayat Minardi, S.Si., M.T.

Desain Cover:
Dr. Rahadi Wirawan

Program Studi Fisika FMIPA Universitas Mataran dan Himpunan Fisikawan Indonesia

Cetakan Pertama, Desember 2015

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang
All Rights Reserved

Universitas Mataram
PROSIDING SEMINAR NASIONAL FISIKA; Konstribusi Fisika dan Pengajaran Fisika dalam Pengembangan Potensi Sumber Daya Lokal dan Lingkungan - TIM-Mataram, NusaTenggara Barat.
xii + 250 hlm. 20 cm x 29 cm.
ISBN: 978-602-1570-39-5

I. PROSIDING SEMINAR NASIONAL FISIKA; Konstribusi Fisika dan Pengajaran Fisika dalam Pengembangan Potensi Sumber Daya Lokal dan Lingkungan
I. Judul

SUSUNAN PANITIA
SEMINAR NASIONAL FISIKA 2015 FMIPA UNIVERSITAS MATARAM

Pelindung dan Penasihat	:	Prof. Ir.Surya Hadi, M.Sc., Ph.D. Dekan FMIPA Universitas Mataram
Pengarah	:	(1). Drs. Teguh Ardianto, M.Si. Wakil Dekan Bidang Akademik FMIPA Universitas Mataram
		(2). Dra. Aida Muspiah, M.Si. Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan FMIPA Universitas Mataram
		(3). Drs. Suripto, M.Si Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan dan Alumni FMIPA Universitas Mataram
Penanggug Jawab	:	I Wayan Sudiarta Ph.D. Kaprodi Fisika, FMIPA Universitas Mataram
Ketua	:	Dr. Rahadi Wirawan, M.Si.
Sekretaris	:	Laili Mardiana, M.PFis.
Bendahara	:	Alfina Taurida Alaydrus, M.Sc.

Seksi-seksi

Seksi Kesekretariatan

Koordinator	:	Ahip Riadi, S.P. Kepala Tata Usaha FMIPA Universitas Mataram
Anggota	:	Siti Alaa, M.Si. Susi Rahayu, M.Si. Nurul Qomariah, M.Si. Muhammad Al Faris, S.Si. Niken Ayu Pintakarukmi, S.E.

Seksi Acara

Koordinator	:	Dian Wijaya Kurniawidi, M.Si.
Anggota	:	Drs. Imam Saekoni Kasnawi Al-Hadi, M.Si. Lily Maysari Angraini, M.Si.

Seksi Perlengkapan

Koordinator	:	L. Eldin Indrawahyudi, S.E.
Anggota	:	H. Maskur, S.Pd. Murhaeni Supriadi Fauzi

Seksi Konsumsi

Koordinator	:	Hj. Nurul Hamdiah, S. Adm
Anggota	:	Januar Srikandijana, A.Md

DAFTAR ISI

SAMBUTAN KETUA PROGRAM STUDI FISIKA

KATA PENGANTAR

SUSUNAN PANITIA

DAFTAR ISI

MAKALAH UTAMA

Mitra Djamal, Maria Evita, Bernd Zimanowski dan Klaus Schilling, Pengembangan Sistem Deteksi Dini Gunung Api, Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung Jl. Ganesha 10 Bandung 40132 — MU-01

Wahyu Triyono, Peranan Ilmu Fisika Dalam Eksplorasi Minyak Dan Gas Bumi, Senior Geophysicist PT. PERTAMINA PHE ONWJ Jl. TB Simatupang Kav 89 (Kebagusan I), Jakarta 12520, Indonesia — MU-02

Setiya Utari, Pengajaran Sains Modern, Implementasi Dan Permasalahannnya Dalam Matapelajaran Fisika, Departemen Pendidikan Fisika FPMIPA UPI — MU-03

C. Cari, A. Suparmi, U.A. Deta, and Andri S. Husein *Analysis Of Oblique Incidence Waves On Super Lens Metamaterial With Q-Deformed Hyperbolic Graded Negative Refractive Index Model Using Supersymetry Quantum Mechanics Method*, Theoretical Physics Group, Physics Department Sebelas Maret University, Surakarta Jl Ir. Sutami No. 36 A Kentingan Surakarta 57126 — MU-04

MAKALAH PENDAMPING BIDANG FISIKA KOMPUTASI DAN INSTRUMENTASI

Iwan Sugriwan, Oni Soesanto, Adi Rachmattulah, Ade Agung Harnawan, Pengukuran Kadar Gas Metana (CH_4), Kelembaban Dan Temperatur Pada Lahan Gambut Menggunakan Sensor TGS2611 Dan SHT11 Berbasis Atmega8535 — FKI-01

Arfan Eko Fahrudin, Endarko, Amar Vijai Nasrulloh, Nurma Sari, Perancangan Dan Pembuatan Ozone Generator Dan Sistem Akuisisi Gas Ozon Berbasis Mikrokontroller AVR — FKI-02

Islahudin, Johri Sabaryati, dan Doni Ramadoan, Analisis Daya Redam Vibrasi Pada Beberapa Struktur Tanah Keruk Pondasi Bangunan Menggunakan Sensor Getaran Berbasis Koil Datar Di Kecamatan Batukliang Lombok Tengah Nusa Tenggara Barat — FKI-03

Nurul Qomariyah, Efek Paparan Radiasi Gamma Terhadap Profil Imunitas Setelah Pemberian Ekstrak Meniran (*Phyllantus niruri L*) — FKI-04

Desi Arisandi, Pandini, Rahadi Wirawan, Studi Karakterisasi Beton Sebagai Pelindung Radiasi Menggunakan Geant4 dan XCOM — FKI-05

Yadnya Made Sutha, Sudiarta I Wayan, Simulasi Water Filling Dalam Mengatasi Trasnsmisi Redaman Hujan Pada Local Multipoint Distribution Service (LMDS) 4G — FKI-06

Aloysius Rusli, Demi Kesadaran Ilmu Dan Literasi Sains: Asal Usul Satuan Kelvin, Dan Mengapa Tetapan Boltzmann Hendak Digunakan Untuk Mendefinisikannya PFIS-02

Berdinata Massang, Triwiyono, Jan Pieter, Martha Loupatty, Investigasi Miskonsepsi Siswa Pada Topik Bunyi Di Kelas VIII SMP YPK Hedam Jayapura Tahun Pelajaran 2012/2013 PFIS-03

Endang Susilawati, Perbedaan PBI Pada Pembelajaran Kooperatif Tipe STAD Dengan Pembelajaran Kooperatif Tipe TPS Di SMP Negeri 1 Sentolo PFIS-04

Hikmawati, Joni Rokhmat, Gunawan, Pengembangan Media Tiga Dimensi Gerak Melingkar Untuk Meningkatkan Kecakapan Akademik Siswa PFIS-05

Muliana, Pengaruh Pendekatan Pembelajaran Berdasarkan Pengalaman Dan Pengetahuan Awal Terhadap Penguasaan Konsep Fisika Peserta Didik Kelas XI MAN Model Makassar PFIS-06

Nur Arip Budiman, Chaerul Rochman, Wahyuni Handayani, Pendekatan Konseptual Interaktif dengan PhET Simulation Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Teori Kinetik Gas PFIS-07

Vidya Setyaningrum, Wahyu Sopandi, Pengaruh Teks Perubahan Konseptual terhadap Pemahaman Siswa pada Materi Suhu dan Kalor PFIS-08

Fartina, Lily Maysari Angraini, Penerapan Model Pembelajaran *Scientific* Dengan Metode *Problem Based Learning (PBL)* Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas VIII SMPN 1 Wanasaba Pada Materi Getaran Dan Gelombang Tahun Pelajaran 2014/2015 PFIS-09

Baiq Rahayu, Lily Maysari Angraini, Penerapan Pembelajaran *Scientific* Melalui Metode *Problem Based Learning* Terhadap Kemampuan Analisis Siswa Kelas X MA Nurul Iman Montong Baik Pada Materi Kalor Tahun Pelajaran 2014/2015 PFIS-10

I Gde Mertha, Satutik Rahayu, Kasnawi Al Hadi, Pengembangan Media Pembelajaran Dalam Bentuk Keping VCD Model *Problem Based Learning* (PBL) Berbasis Karakter Untuk Perkuliahan Strategi Pembelajaran PFIS-11

Joni Rokhmat, Penerapan Pendekatan Berpikir Kausalitik Ber-*Scaffolding* Dalam Meningkatkan KPM Hukum Newton Tentang Gerak PFIS-12

MAKALAH PENDAMPING BIDANG FISIKA BUMI DAN MITIGASI BENCANA

Reski Kurniawan, Nur Arfah Sarifuddin, Bahrul Ulum, Muh. Altin Massinai, Muh Fawzy Ismullah, Analisis Gempa Tektonik Di Wilayah Lengan Utara Sulawesi FBM-01

Apriadi Putra, IW Sudiarta, Laili Mardiana, Analisis Perkiraan Penyebaran Lindi Di Lokasi Rencana Pembangunan TPA Kabupaten Lombok Utara Menggunakan Visual Modflow FBM-02

Muhammad Fawzy Ismullah M. dan Erlangga Ibrahim Fattah, Penentuan Episenter Gempabumi Sekitar Sesar Palu Koro Menggunakan Hypo71 FBM-03

PENERAPAN PENDEKATAN BERPIKIR KAUSALITIK BER-*SCAFFOLDING* DALAM MENINGKATKAN KPM HUKUM NEWTON TENTANG GERAK

Joni Rokhmat
[1]*Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP Universitas Mataram*
Email: joni.fkip@unram.ac.id (HP. 081805738694)

Abstraks:
Telah diimplementasikan pendekatan berpikir kausalitik (kausalitas dan analitik) ber-*scaffolding* dalam perkuliahan Fisika Dasar 1. Tujuannya adalah menumbuhkan motivasi mahasiswa dan meningkatkan penguasaan konsep-konsep fisika secara utuh, serta menanamkan pandangan bahwa fisika adalah sederhana. Metode yang digunakan adalah *embedded experimental design* dengan pendekatan dua fase. Subjek penelitian terdiri atas 49 mahasiswa, 39 perempuan dan 10 laki-laki. Data kuantitatif diolah menggunakan statistik non parametrik Wilcoxon sedangkan data kualitatif dideskripsikan. Dengan taraf signifikansi 5% diperoleh bahwa seluruh indikator Kemampuan Pemecahan Masalah (KPM) mengalami peningkatan signifikan tetapi secara umum peningkatannya tidak berbeda antara mahasiswa kelompok bawah dan atas. Indikator KPM meliputi kemampuan pemahaman, pemilihan, pembedaan, penentuan, penerapan, dan pangidentifikasian. Selain itu, hasil analisis skala sikap memperlihatkan bahwa mahasiswa bersikap setuju hingga sangat setuju dengan pernyataan positif dan tidak setuju hingga sangat tidak setuju terhadap pernyataan negatif pendekatan ini. Hasil ini merekomendasikan bahwa pendekatan berpikir kausalitik ber-*scaffolding* sangat cocok digunakan menanamkan penguasaan konsep fisika pada umumnya bukan hanya pada konsep hukum Newton.

Kata kunci: Pendekatan berpikir kausalitik ber-*scaffolding*, Hukum Newton tentang gerak, Kemampuan Pemecahan Masalah (KPM).

PENDAHULUAN

Latar belakang: Sepengetahuan penulis, fenomena pembelajaran fisika di kelas umumnya telah bergeser pada pembelajaran matematika. Para guru mengalami kesulitan atau ketidaktahuan bagaimana membelajarkan fisika kepada para siswanya dengan pendekatan konsep. Jika dibuat perbandingan, penulis memperkirakan porsi pembahasan konsep dan aplikasi hitungan berkisar dari 12,5% berbanding 87,5% hingga 30% berbanding 70%. Perbandingan terkecil, sebagai contoh, dapat dijumpai ketika seorang mahasiswa yang sedang melakukan kegiatan praktek pengalaman mengajar (PPL) membelajarkan gaya gesek kepada siswanya. Dalam satu kali tatap muka (2 kali 40 menit), pada jenjang pendidikan menengah atas (SMA), penulis selaku pengamati waktu yang digunakan guru untuk membelajarkan konsep gaya gesek kepada siswanya tidak lebih dari 10 menit. Guru memperkenalkan syarat kemunculan gaya gesek, jenis gaya gesek, dan arahnya. Itu pun, dijumlai kekeliruan konsepnya, khususnya terkait pemahaman kalimat bahwa gaya gesek berlawanan dengan arah benda.

Paradigma pembelajaran berpusat pada guru kurang tepat jika digunakan untuk membelajarkan fisika dengan porsi pembahasan konsep lebih besar karena apabila ini dilakukan guru akan lebih cepat lelah. Kelelahan semakin berpeluang terjadi apabila guru tersebut mengajar materi yang sama pada kelas paralel dan di antaranya, terdapat sekolah yang memiliki kelas paralel hingga 10 atau lebih. Karenanya, untuk membelajarkan fisika dengan porsi konsep yang besar diperlukan strategi agar pembelajaran efektif dan efisien. Strategi dapat diinterpretasikan memiliki empat unsur, yaitu: 1) pengidentifikasian dan penetapan spesifikasi dan kualifikasi hasil dan sasaran yang harus dicapai, 2) pertimbangan dan pemilihan jalan pendekatan yang efektif, 3) pertimbangan dan penetapan langkah-langkah yang perlu ditempuh, serta 4) pertimbangan dan penetapan tolok ukur dan patokan capaian (Makmun, 2003).

Pergeseran pembelajaran fisika menjadi pembelajaran matematika juga dijumpai pada pembahasan hukum Newton tentang gerak. Fenomena umum pembelajaran pada materi ini, dosen

atau guru berkecenderungan memperkenalkan sejumlah persamaan percepatan pada fenomena-fenomena fisika terkait. Jadi, selain porsi pembahasan konsep yang rendah dibandingkan pembahasan matematik juga dalam pembelajaran seringkali kepada pembelajar diperkenalkan cukup banyak formula atau rumus. Fakta ini menumbuhkan persepsi pembelajar bahwa fisika penuh bermuatan pembahasan matematik dan memiliki formula atau fumus yang sangat banyak. Hal ini marupakan salah satu penyebab cukup banyak pembelajar yang tidak menyukai fisika dan dengan sendirinya akan memiliki motivasi yang rendah untuk mempelajari fisika.

Di sisi lain, sepengetahuan penulis, pembelajar dalam menyelesaikan fenomena atau persoalan fisika sering mengalami kesulitan, seperti tidak dapat: 1) menentukan elemen fenomena yang mana sebagai suatu faktor atau penyebab, 2) memprediksi akibat-akibat yang berkemungkinan terjadi, 3) membedakan penyebab-penyebab yang terkait dan yang tidak terkait dengan suatu akibat tertentu, 4) menentukan konsep, prinsip, teori, dan/atau hukum fisika yang terkait dengan peristiwa terjadinya suatu akibat, 5) menerapkan konsep, prinsip, teori, dan/atau hukum fisika tersebut untuk menjelaskan terjadinya suatu akibat, dan 6) mengidentifikasi kondisi setiap penyebab terkait sehingga suatu akibat tertentu terjadi. Keenam fakta di atas merupakan indikator Kemampuan Pemecahan Masalah (KPM) seorang pembelajar berkenaan dengan pengembangan berpikir kausalitas dan analitik.

Untuk mengatasi persoalan sebagaimana dipaparkan di atas, penulis mengusulkan pembelajaran fisika dengan pendekatan berpikir kausalitik (kependekan dari kausalitas dan analitik). Mengingat pembelajaran dengan pendekatan ini tidak mudah, maka penulis memberi bantuan tahapan (*scaffolding*) dengan porsi bantuan cukup besar hingga kecil pada LKM yang digunakan. Sesuai dengan judul tulisan ini, selanjutnya penulis akan membahas pendekatan berpikir kausalitik ber-*scaffolding* dan kaitannya dengan Kemampuan Pemecahan Masalah (KPM) mahasiswa.

TINJAUAN PUSTAKA

Pendekatan berpikir kausalitik: Pengertian berpikir kaualitik merujuk pada berbagai pendapat tentang berpikir, kausalitas, dan berpikir analitik. Pendapat-pendapat tersebut antara lain dinyatakan oleh Paul & Elder (2003: 3-5 & 2006: 11), Elder & Paul (2007: 5-7), Gopnik & Schulz (2007: 19-21; 88-89; 99-93), Kasser (2006: 112-113), Lenzen (1954: 2-7), Hill (2011: 343-345), Meder (2006: 31), dan Sloman (2005: 39-45)

Dari berbaai pendapat di atas dimaknai karakteristik dari pendekatan umum pembelajaran berbasis berpikir kausalitik. Pendekatan ini berpusat pada aktivitas mahasiswa. Aktivitas mahasiswa berlangsung ketika mahasiswa menyelesaikan Tugas Pendahuluan (TP) dan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM), serta ketika berpartisipasi dalam kegiatan diskusi klasikal. Akhir pembelajaran dengan pendekatan ini, mahasiswa memiliki kompetensi berpikir kausalitik. Dengan kompetensi ini mahasiswa mampu menentukan komponen-komponen dari suatu persoalan fisika yang berperan sebagai penyebab (*cause*) dan mampu memprediksi berbagai akibat (*effect*) yang berkemungkinan terjadi, serta dengan berbekal *knowledge*-nya mereka mampu mengidentifikasi kondisi dari setiap penyebab sehingga suatu akibat tertentu dapat terjadi (Rokhmat, 2013)

Dalam setiap Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) terdapat fenomena-fenomena multi akibat. Sebuah atau lebih komponen penyebab dalam fenomena multi-akibat bersifat variabel sehingga variabel dalam fenomena ini dapat memiliki lebih dari sebuah nilai atau kondisi. Fenomena jenis ini berpeluang memiliki lebih dari sebuah kombinasi dari kondisi penyebabnya. Setiap kombinasi kondisi komponen penyebab menghasilkan sebuah akibat tertentu sehingga jumlah akibat yang berpeluang terjadi sama dengan jumlah kombinasi yang berpeluang terjadi pula (*ibid*). LKM ini berfungsi untuk memfasilitasi mahasiswa dalam mengembangkan berpikir kausalitik.

Berpikir kausalitik ber-*scaffolding*: Hasil implementasi instrumen pengembangan berpikir kausalitik berpola standar memperlihatkan adanya kesulitan yang dialami mahasiswa. Hal

ini antara lain dikarenakan mahasiswa dalam instrumen tersebut dituntut mampu secara mandiri menentukan faktor-faktor penyebab dan memprediksi akibat. Pengetahuan awal tentang konsep yang sedang dipelajari juga menjadi salah satu penyebab ketidakmampuannya dalam mengidentifikasi kondisi penyebab agar suatu akibat tertentu terjadi.

Instrumen dalam berpikir kausalitik ber-*scaffolding* dilengkapi dengan bantuan-bantuan tahapan. Bantuan tahapan ini bervariasi, dari porsi cukup besar hingga porsi kecil. Rokhmat (2013) memperkenalkan delapan instrumen Pengembangan Berpikir Kausalitik (PBK) ber-*scaffolding*, yaitu: a) **Pola PBK ber-*scaffolding*-1a:** Yaitu pengembangan berpikir kausalitas dan analitik dengan bantuan **pola utama tabel kausalitas** dan **sebagian akibat** dalam tabel tersebut sudah diberikan. Kemudian mahasiswa diminta menentukan komponen-komponen penyebab dan akibat lainnya dengan **jumlah yang belum diketahui** dari suatu fenomena fisika. Selanjutnya mahasiswa tersebut diminta memberi penjelasan bagaimana penyebab-penyebab itu dapat menghasilkan setiap akibat tersebut. b) **Pola PBK ber-*scaffolding*-1b:** Yaitu pengembangan dari pola PBK ber-*scaffolding*-1a tetapi pada pola ini terdapat tambahan bantuan, yaitu sebagian penjelasan diberikan.

c) **Pola PBK ber-*scaffolding*-2a:** Yaitu pola pengembangan berpikir kausalitas dan analitik dengan bantuan **pola utama tabel kausalitas** dan **sebagian akibat** dalam tabel tersebut sudah diberikan. Kemudian mahasiswa diminta menentukan komponen-komponen penyebab dan akibat lainnya dengan **jumlah yang sudah diketahui** dari suatu fenomena fisika. Selanjutnya mahasiswa tersebut diminta memberi penjelasan bagaimana penyebab-penyebab itu dapat menghasilkan setiap akibat tersebut. d) **Pola PBK ber-*scaffolding*-2b:** Yaitu pengembangan dari pola PBK ber-s*caffolding*-2a tetapi pada pola ini terdapat tambahan bantuan, yaitu sebagian penjelasan diberikan.

e) **Pola PBK ber-*scaffolding*-3a:** Yaitu pola pengembangan berpikir kausalitas dan analitik dengan bantuan **pola utama tabel kausalitas** dan **seluruh akibat** dalam tabel tersebut sudah diberikan. Kemudian mahasiswa diminta menentukan komponen-komponen penyebab dari suatu fenomena fiaika. Selanjutnya mahasiswa tersebut diminta memberi penjelasan bagaimana penyebab-penyebab itu dapat menghasilkan setiap akibat tersebut. f) **Pola PBK ber-*scaffolding*-3b:** Yaitu pengembangan dari pola PBK ber-*scaffolding*-3a tetapi pada pola ini terdapat tambahan bantuan, yaitu sebagian penjelasan diberikan.

g) **Pola PBK ber-*scaffolding*-4a:** Yaitu sama dengan pengembangan pola PBK ber-*scaffolding*-2a tetapi dikhususkan untuk fenomena fisika yang memiliki tabel kausalitas berpola berantai, baik yang berantai murni maupun berantai gabungan dan/atau untuk fenomena fisika yang memiliki cukup banyak akibat yang berpeluang terjadi. h) **Pola PBK ber-*scaffolding*-4b:** Yaitu pengembangan dari pola PBK ber-*scaffolding*-4a tetapi pada pola ini terdapat tambahan bantuan, yaitu sebagian penjelasan diberikan.

Pengertian Kemampuan Pemecahan Masalah (KPM) antara lain merujuk pada pendapat Wikipedia (2009: 1), Marzano & Brown (2009: 134), Marzano dkk. (2008) dalam Marzano & Brown (2009: 135), Marquardt (2004: 91-103), serta Isakses dan Treffinger (1985) dalam Amer (2005: 17). KPM memiliki enam komponen sebagaimana disebutkan Rokhmat (2013). Pemecahan masalah diartikan atau dimaknai sebagai kemampuan mahasiswa calon guru fisika untuk menggunakan *knowledge* yang dimilikinya dalam memilih dan/atau memprediksi, secara deduktif, berbagai kemungkinan akibat ketika suatu fenomena awal, yang memuat sebuah atau beberapa penyebab, diberikan, serta mampu mengidentifikasi bagaimana sebuah atau beberapa penyebab tersebut dapat menghasilkan suatu akibat yang terpilih atau terprediksi.

Keenam komponen KPM sebagaimana dinyatakan Rokhmat (2013) di atas meliputi: (1) Pemahaman (*understanding*), yaitu kemampuan memahami ide atau gagasan dalam setiap soal; (2) Pemilihan (*selecting*), yaiatu kemampuan memilih dan/atau penyebab-penyebab dan memprediksi berbagai kemungkinan akibat yang dapat terjadi berkenaan dengan kondisi penyebab dalam soal

atau fenomena fisika; (3) Pembedaan (*differentiating*), yaitu kemampuan membedakan dan memilih penyebab-penyebab yang dapat menghasilkan suatu akibat tertentu; (4) Penentuan (*determining*), yaitu kemampuan menentukan konsep, prinsip, teori, dan/atau hukum fisika yang dapat digunakan untuk mendukung dalam mengidentifikasi sebuah atau beberapa penyebab sehingga menghasilkan suatu akibat; (5) Penerapan (*applying*), yaitu kemampuan menggunakan konsep, prinsip, teori, dan/atau hukum fisika yang diperlukan dalam mengidentifikasi penyebab-penyebab sehingga menghasilkan suatu akibat tertentu; dan (6) Pengidentifikasian (*identifying*), yaitu kemampuan mengidentifikasi kondisi penyebab-penyebab sehingga dapat menghasilkan suatu akibat tertentu

METODE PENELITIAN

Pelitian ini menggunakan metoda campuran kuantitatif dan kualitatif dengan model *embedded experimental* dua fase dan melibatkan 49 mahasiswa yang terdiri dari 39 laki-laki dan 10 wanita yang mengikuti perkuliahan fisika dasar 1 tahun ajaran 2015-2016. Subjek dibagi menjadi sepuluh kelompok berdasarkan nilai rata-rata ujian nasional rata-rata dan selanjutnya dua kelompok dengan nilai ujian nanional terbaik dikategorikan sebagai kelompok atas dan dua kelompok lainnya dengan nilai rata-rata terendah dikategorikan sebagai kelompok bawah. Skor kemampuan pemecahan masalah diolah menggunakan *gain* ternormalisasi dan diuji menggunakan statistik non-parametrik Wilcoxon.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil: Hasil Kemampuan Pemecahan Masalah (KPM) mahasiswa kelompok bawah dan atas, serta nilai N-*gain* dalam representasi rata-rata diperlihatkan dalam Tabel 1 dan Tabel 2. Sementara itu, signifikansi peningkatan KPM pada mahasiswa kelompok bawah dan atas, serta perbedaan nilai N-*gain* antara kedua kelompok tersebut dengan taraf signifikansi 5% diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 1 dan 2 masing-masing memperlihatkan bahwa rata-rata setiap indikator KPM pada mahasiswa kelompok bawah dan atas mengalami peningkatan skor. Hal ini juga diperlihatkan oleh nilai N-*gain* yang keseluruhannya bertanda positif. Berdasar nilai rata-rata skor pada kedua tabel tersebut diperoleh bahwa rata-rata skor setiap indikator KPM, baik pada tes awal maupun akhir, pada mahasiswa kelompok atas lebih tinggi daripada mahasiswa kelompok bawah. Hal ini juga berlaku pada nilai N-*gain*-nya.

Tabel 1 Rata-rata Skor dan N-*gain* KPM Mahasiswa Kelompok Bawah

Tes & N-*gain*	Skor Rata-rata Indikator Kemampuan Pemecahan Masalah					
	IPM-1	IPM-2	IPM-3	IPM-4	IPM-5	IPM-6
Tes Awal	37,8	4,2	0,0	28,3	0,0	1,7
Tes Akhir	55,6	29,4	25,6	51,7	30,6	42,2
N-*gain*	0,32	0,25	0,26	0,31	0,31	0,41

Tabel 2 Rata-rata Skor dan N-*gain* KPM Mahasiswa Kelompok Atas

Tes & N-*gain*	Skor Rata-rata Indikator Kemampuan Pemecahan Masalah					
	IPM-1	IPM-2	IPM-3	IPM-4	IPM-5	IPM-6
Tes Awal	67,2	52,8	30,6	63,9	30,6	16,7
Tes Akhir	90,0	80,6	74,4	81,7	72,8	67,2
N-*gain*	0,67	0,56	0,59	0,48	0,56	0,59

Namun demikian, linearitas rata-rata skor tes awal, tes akhir, dan nilai N-*gain*-nya tidak berlaku untuk signifikansinya. Tabel 3 memperlihatkan bahwa pada kedua kelompok mahasiswa di atas terjadipeningkatan skor KPM yang signifikan. Namun demikian, untuk N-*gain* perbedaan signifikan antar kelompok bawah dan atas yang terjadi pada indikator IPM-1 dan IPM-3, yaitu pada kemampuan *understanding* dan *differentiating*. Sementara pada keempat indikator KPM lainnya, *selecting*, *determinint*, *applying*, dan *identifying* tidat berbeda secara signifikan.

Tabel 3 Signifikansi Peningkatan KPM mahasiswa Kelompok Bawah dan Atas, serta Perbedaan Nilai N-*gain*-nya

Kelompok & Beda N-*gain*	Signifikansi KPM dan Perbedaan N-*gain*					
	IPM-1	IPM-2	IPM-3	IPM-4	IPM-5	IPM-6
Kelompok Atas	S	S	S	S	S	S
Kelompok Atas	S	S	S	S	S	S
Beda N-*gain*	S	TS	S	TS	TS	TS

Keterangan: S = Signifikan dan TS = Tidak Signifikan.

Terhadap implementasi Tugas Pendahuluan (TP) dan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) ber-*scaffolding*, seluruh mahasiswa setuju hingga sangat setuju terhadap pernyataan positif dan tidak setuju hingga sangat tidak setuju terhadap pernyataan negatif. Hasil ini menggambarkan bahwa TP yang diimplementasikan dalam perkuliahan memang diperlukan untuk membekali konsep awal, membantu pemahaman konsep, dapat diselesaikan, dan diberikan minimal satu hari sebelum menyelesaikan LKM, serta pembelajaran fisika harus dimulai dengan pembahasan konsep.

Sementara itu, tanggapan mahasiswa terhadap LKM menggambarkan bahwa implementasinya menumbuhkan rasa senang, menjadikan pembelajaran lebih jelas dan bermakna, membantu penguasaan konsep, menumbuhkan sikap hati-hati, meningkatkan kemampuan dalam menganalisis akibat yang berpeluang terjadi, belajar lebih menyeluruh dan tuntas, pembelajaran lebih efektif dan efisien, serta meningkatkan kreativitas.

Pembahasan: Berdasarkan hasil penelitian sebagaimana dipaparkan di atas, implementasi pendekatan berpikir kausalitik ber-*scaffolding* terbukti efektif dan efisien dalam meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah (KPM) mahasiswa calon guru pada pokok bahasan hukum Newton tentang gerak. Efektifitas dan efisiensi dalam proses membelajarkan fisika dengan porsi konsep yang besar terbukti dapat dicapai melalui strategi penggunaan pendekatan berpikir kausalitik. Hal ini sejalan dengan pernyataan Makmun (2003) dan pernyataan Rokhmat (2013) berkenaan dengan penggunaan tahapan bantuan (*scaffolding*) dalam lembar kerja yang digunakannya.

Sesuai dengan pernyatakan Rokhmat (2013) peningkatan signifikan dari keenam indikator kemampuan pemecahan masalah (IPM-1 s.d. IPM-6) sebagaimana dipaparkan pada bagian hasil menunjukkan bahwa implementasi pendekatan berpikir kausalitik ini mampu meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam memahami ide atau gagasan dalam setiap soal, memilih dan/atau penyebab-penyebab dan memprediksi berbagai kemungkinan akibat yang dapat terjadi berkenaan dengan kondisi penyebab dalam soal atau fenomena fisika, dan membedakan dan memilih penyebab-penyebab yang dapat menghasilkan suatu akibat tertentu. Selain itu, mereka juga mampu menentukan konsep, prinsip, teori, dan/atau hukum fisika yang dapat digunakan untuk mendukung dalam mengidentifikasi sebuah atau beberapa penyebab sehingga menghasilkan suatu akibat, menggunakan konsep, prinsip, teori, dan/atau hukum fisika yang diperlukan dalam

mengidentifikasi penyebab-penyebab sehingga menghasilkan suatu akibat tertentu, serta mengidentifikasi kondisi penyebab-penyebab sehingga dapat menghasilkan suatu akibat tertentu.

Mengingat dalam perkuliahan hukum Newton ini lembar kerja mahasiswa yang digunakan secara umum adalah berpola *scaffolding*-2b, merujuk pada pernyataan Rokhmat (2013), secara implisit bentuk bantuan tahapan pemberian sebagian informasi akibat yang berpeluang terjadi, jumlah akibat yang berpotensi terjadi, serta pemberian contoh pengidentifikasian kondisi-kondisi penyebab untuk sebagian akibat merupakan model *scaffolding* yang sudah terbukti efektif dan efisien dalam meningkatkan KPM mahasiswa, khususnya pada pokok bahasan hukum Newton tentang gerak.

Mengingat seluruh mahasiswa bersikap setuju hingga sangat setuju terhadap seluruh pernyataan positif dan bersikap tidak setuju hingga sangat tidak setuju terhadap seluruh pernyataan negatif berkenaan dengan implementasi pendekatan kausalitik dalam perkuliahan fisika dasar, maka dapat diartikan bahwa implementasi pendekatan ini dapat diterima mahasiswa. Selain itu, mereka juga sependapat bahwa implementasi pendekatan ini mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah, khususnya terkait dengan fenomena-fenomena konseptual fisika.

Jika dikaitkan dengan program pemerintah sebagaimana dituangkan dalam kurikulum 2013 (K-13), pendekatan berpikir kausalitik adalah sangat relevan. Hal ini dikarenakan salah satu orientasi dalam K-13 adalah pengembangan berpikir kreatif yang mengisyaratkan agar bentuk evaluasi yang digunakan adalah multi-jawaban benar. Sementara itu, dalam pendekatan berpikir kausalitik fenomena fisika yang digunakan juga bersifat multi-akibat. Satu orientasi K-13 lainnya adalah pengembangan kemampuan bernalar pembelajar. Sekali lagi, pendekatan berpikir kausalitik juga menyediakan ruang bagi pembelajar untuk berargumentasi dalam pengidentifikasian (IPM-6). Dalam proses berargumentasi atau pengidentifikasian kondisi penyebab ini pembelajar difasilitasi untuk mengembangkan kemampuan bernalarnya (Rokhmat, 2013).

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Simpulan: Telah diimplementasikan pendekatan berpikir kausalitik dalam pembelajaran hukum Newton tentang gerak. Hasilnya menunjukkan adanya peningkatan signifikan (dengan taraf signifikansi 0,05) Kemampuan Pemecahan Masalah (KPM) yang meliputi kemampuan *understanding*, *selecting*, *differentiating*, *determining*, *applying*, dan *identifying* pada mahasiswa kelompok bawah dan atas, serta antara N-*gain* pada kedua kelompok tersebut pada IPM-1 dan IPM-3 tetapi keempat IPM lainnya tidak berbeda signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa implementasi pendekatan efektif dan efisian dalam meningkatkan KPM mahasiswa kedua kelompok tersebut, serta model *scaffolding*-2b cocok bagi kedua kelompok ini.

Rekomendasi: Penggunaan model LKM ber-*scaffolding*-2b dalam pendekatan berpikir kausalitik menjadi salah satu strategi yang patut dipertimbangkan untuk digunakan disamping model lain yang mungkin juga efektif dan efisien untuk digunakan. Sebaiknya perlu diteliti lebih lanjut tingkat efektivits dan efisiensinya untuk model-model *scaffolding* lainnya agar diperoleh peta lengkap tentang model-model LKM yang direkomendasikan untuk digunakan dalam pembelajaran fisika dengan pendekatan kaualitik ini

DAFTAR PUSTAKA

Amer, A., (2005). *Analytical Thinking*. Cairo: Center of Advancenent of Postgraduate Studies and Research in Engineering Sciences, Cairo University (CAPSCU), (p. 1-14).

Elder, L. & Paul, R., 2007. *Analytic Thinking*: *The Elements of Thinking and The Standards They Must Meet*. www.criticalthinking.org, (p. 5-7).

Gopnik, A. & Schulz, L., (2007). *Causal Learning; Psychology, Philosophy, and Computation*. New York: Oxford University Press, Inc., (p. 19-21; 88-89; 99-93).

Hill, S. E., (2011). "*Reanalyzing the Ampere-Maxwell Law*". AAPT Physics Education, The Physics Teacher. Redlands, CA: University of Redlands, 49, September, 343-345.

Kasser J. L., (2006). *Philosophy of Science, part 2 of 3.* USA: The Theaching Company, 92-126.
Lenzen, V. F., (1954). *Causality In Natural Science*. USA: Charles C Thomas Publisher Springfield Illinois, 2-27.
Makmun, A. S., 2003. *Psikologi Pendidikan*. Bandung: Rosda Karya Remaja
Marzano, R. J. & Brown, J. L., (2009). *A Handbook For The Art and Science of Teaching*. USA: ASCD, 134-135
Marquardt, M. J., (2004). *Optimizing the power of Action Learning: Solving Problem and Building Leaders in Real Time*. California: Davies-Black Publishing, 91-103.
Meder, B., (2006). *Seeing versus Doing: Causal Bayes Nets as Psychological Models of Causal Reasoning*, Dissertation, zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwisshensclaftlichen Fakultaten- Universitat zu Gottingen, 31.
Paul, R. & Elder, L., (2003). *The Foundations of Analytic Thinking*: *The Elements of Thinking and The Standards They Must Meet, second edition*. www.criticalthinking.org, (p. 3-15 & 42).
Paul, R. & Elder, L., (2006). *The Foundation for Critical Thinking: The Miniature Guide to Critical Thinking, Concepts and Tools*, www.criticalthinking.org, (p. 4-22).
Rokhmat, (2013). *Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Mahasiswa Calon Guru Fisika melalui Berpikir Kausalitas dan Analitik.* Disertasi Doktor pada Pendidikan IPA. Universitas Pendidikan Indonesia: tidak diterbitkan.
Sloman, S., (2005). *Causal Models: How People Think about The World and its Alternatives*. New York: Oxford University Press, Inc., (p. 39-45).
Wikipedia (2009). *Problem Solving*. Tersedia: http://en.wikipedia.org/wiki/problem-solving, [11 Agustus 2011]