

Pengembangan *Pre-Class Tutorial* (PCT) Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Calon Guru Fisika Pada Perkuliahan Fisika Dasar Materi Sistem Partikel dan Momentum

Duden Saepuzaman^{1*}, Saeful Karim¹, Selly Feranie¹

¹Departemen Pendidikan Fisika, FPMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi No. 229, Bandung 40154

*Email: dsaepuzaman@upi.edu

Intisari – Penelitian ini dilatarbelakangi temuan terkait pemahaman konsep fisika dasar mahasiswa calon guru Fisika yang menunjukkan adanya kesulitan-kesulitan konseptual perkuliahan Fisika Dasar I pada materi sistem partikel dan momentum. Adanya temuan ini jadi dasar dalam penentuan rencana alternatif solusi yang mendukung pencapaian hasil belajar yang lebih optimal salah satunya pengembangan *Pre-Class Tutorial* (PCT). Metode yang digunakan adalah metode eksperimen semu. Sebanyak tiga angkatan mahasiswa (tahun akademik 2015/2016, 2016/2017 dan 2017/2018 masing-masing 82 mahasiswa) yang mengambil perkuliahan Fisika Dasar I pada Program Studi Pendidikan Fisika dilibatkan untuk mengumpulkan data penelitian. Instrumen penelitian yang digunakan berupa PCT untuk mendapatkan deskripsi proses pemikiran mahasiswa terhadap konsep Fisika dan Tes penguasaan konsep Materi sistem partikel dan Momentum untuk mengetahui pemahaman konsep. Hasil penelitian menunjukkan adanya PCT membantu mahasiswa mengkonstruksi konsep Fisika dan dapat meningkatkan penguasaan konsep materi sistem partikel dan momentum.

Kata Kunci: Tutorial pra-kelas, Pemahaman Konsep, sistem partikel, momentum

Abstract – This research is motivated by findings related to the understanding of the basic physics concepts of pre-service physics teacher that shows the conceptual difficulties of Basic Physics I on system of particle and momentum concept. This findings is the fact in determining alternative solution to support the achievement of more optimal learning outcomes, one of which is the development of *Pre-Class Tutorial* (PCT). The method used is a quasi-experimental method. A total of three grade student (2015/2016, 2016/2017 and 2017/2018 in academic year, each 82 students) who took the Basic Physics I course in the Physics Education Study Program were involved to collect research data. The research instrument used in the form of PCT to get a description of students' thought processes on the concepts of Physics and the comprehension test of the concept of system of particle and Momentum to determine the understanding of concepts. The results showed that the using of PCT helped students construct concepts of physics and could improve concept understanding in system of particle and momentum concept.

Key words: *Pre-Class Tutorial*, concept understanding, system of particle, momentum

I. PENDAHULUAN

Secara umum, keberhasilan pencapaian tujuan Pendidikan Nasional merupakan tanggung jawab semua pihak terkait yang terkait. Dalam konteks yang lebih spesifik, salah satu peran yang sangat sentral dalam penentuan keberhasilan pencapaian tujuan pembelajaran adalah guru sebagai fasilitator pembelajaran. Tentu saja seorang fasilitator pembelajaran, seorang pendidik harus mempunyai kompetensi yang mendukung dalam penacapaian tujuan pembelajaran. Sebagai contoh, yang tercantum dalam Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru dalam Permendiknas RI nomor 16 tahun 2007 secara eksplisit menjelaskan bahwa salah satu kompetensi yang harus dimiliki seorang guru Fisika adalah memahami konsep, hukum, dan teori Fisika serta penerapannya secara fleksibel. Untuk merealisasikan tujuan tersebut, maka Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan (LPTK) adalah lembaga yang bertugas untuk memastikan bahwa calon guru Fisika telah memiliki kompetensi itu.

Dalam konteks pembelajaran di perguruan tinggi, perkuliahan diselenggarakan dalam upaya pencapaian

Leraning Outcome (LO). Yang secara lebih spesifik dituangkan dalam capaian mata kuliah. Sebagai bagian dari upaya pencapaian LO ini, mata kuliah Fisika Dasar I mempunyai peranan yang penting. Bagaimana tidak, penguasaan konsep Fisika Dasar I menjadi materi prasyarat dalam menguasai materi-materi fisika lainnya di perkuliahan lanjutan atau jenjang berikutnya. Mengingat penting pemahaman konsep Fisika Dasar I, sehingga proses dan hasil pembelajarannya diharapkan dapat mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Tapi fakta di lapangan menunjukkan kondisi yang berbeda. Ditinjau dari hasil tes atau ujian, banyak mahasiswa yang tidak dapat mencapai hasil belajar yang diharapkan. Temuan ini ternyata sejalan dengan hasil penelitian McDermott yang menunjukkan bahwa bahkan setelah menyelesaikan perkuliahan, mahasiswa masih mengalami kesulitan konseptual yang mendasar [1]. Sekalipun juga telah menyelesaikan banyak soal yang terdapat dalam buku Fisika selama perkuliahan, tetapi masih saja tidak mengatasi kesulitan konseptual yang dihadapi mahasiswa [2]. Keadaan ini dapat dipahami karena mahasiswa sering tidak fokus pada keterampilan yang mesti mereka kuasai agar dapat menyelesaikan soal secara fleksibel

dan reliabel dalam berbagai konteks (seperti menginterpretasi dan membangun representasi fisis dari sebuah soal), melainkan hanya menginginkan bagaimana cara cepat memperoleh jawaban [3].

Kesulitan konseptual yang dihadapi mahasiswa dari berbagai belahan dunia telah banyak didokumentasikan dalam laporan penelitian pendidikan Fisika [4][5]. Mayoritas laporan penelitian menyelidiki kesulitan konseptual mahasiswa pada perkuliahan Fisika Dasar karena kedudukan mata kuliah ini yang strategis dan vital untuk membangun pemahaman konsep dasar yang diperlukan sebagai bekal perkuliahan lanjutan, seperti mekanika dan termodinamika di tingkat berikutnya. Tidak hanya di luar negeri saja, kenyataannya mahasiswa calon guru di Indonesia juga mengalami kesulitan yang sama [6][7][8].

Setiap komponen berperan dalam kekurangoptimalannya pemahaman konseptual yang dicapai mahasiswa calon guru Fisika, salah satunya adalah proses pembelajaran. Meskipun banyak hasil penelitian pendidikan Fisika tentang strategi pembelajaran yang berhasil meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa [9][10], namun penggunaannya pada populasi mahasiswa yang berbeda bisa jadi tidak selalu memberikan hasil yang optimal disebabkan oleh perbedaan karakteristik (seperti perbedaan kemampuan penalaran, gaya belajar, pengetahuan awal dan kemampuan matematis) mahasiswa [11][12]. Berdasarkan pengalaman penulis, proses pembelajaran dalam kelas secara keseluruhan cenderung dimulai dari pemberian informasi secara langsung melalui ceramah atau sajian *power point* dan diakhiri dengan contoh soal dan latihan untuk dikerjakan di rumah. Proses pembelajaran ini kurang memfasilitasi siswa untuk langsung membangun pengetahuan sendiri [13]. Mahasiswa cenderung hanya menerima konsep-konsep fisika yang diberikan tanpa komentar apapun. Meskipun sesekali diberi kesempatan untuk bertanya, tetapi mahasiswa yang bertanya cenderung tertentu saja.

Perkuliahan yang cenderung informatif terkadang memang menjadi konsekuensi dari ketidaksiapan mahasiswa dalam mengikuti perkuliahan. Mahasiswa jarang membaca materi perkuliahan sebelum datang kuliah, meskipun telah diingatkan oleh dosen berkali-kali. Keadaan ini sejalan dengan laporan penelitian sebelumnya. Meskipun laporan Heiner *et al.* [14] menyebutkan 80% mahasiswa dari kampus University of British Columbia menyelesaikan tugas awal membaca yang diberikan sebelum perkuliahan, tetapi sebagian besar laporan penelitian menunjukkan bahwa hanya kurang dari 40% mahasiswa di kampus, seperti University of Colorado, Boulder, Millersville University, dan Rensselaer Polytechnic Institute, yang membaca buku sebelum datang ke kelas [15][16]. Padahal apabila mahasiswa mempersiapkan diri dengan baik sebelum perkuliahan, seperti dengan membaca materi perkuliahan terlebih dahulu, maka perkuliahan akan efektif membangun pemahaman konsep

dan melatih kemampuan pemecahan masalah mahasiswa [17].

Terkait dengan kesulitan mahasiswa, berdasarkan data yang ada pencapaian hasil belajar mahasiswa untuk perkuliahan Fisika Dasar 1 belum sesuai dengan yang diharapkan. Sebagai contoh, rata-rata nilai Tes Unit 2 Fisika Dasar I yang diperoleh mahasiswa tingkat 2 semester 3 yaitu 61,35 (skala 1-100) pada tahun ajaran 2015/2016 dan 61,59 pada tahun ajaran 2016/2017. Analisis lebih lanjut terhadap jawaban mahasiswa ditemukan bahwa sebagian besar (sekitar 65%) kesulitan mahasiswa terletak pada konsep sistem partikel dan momentum. Penelitian terdahulu, menyebutkan beberapa terkait kesulitan mahasiswa dalam konsep momentum sebagai berikut. *Pertama*, mahasiswa kesulitan dalam menerapkan konsep momentum dalam berbagai situasi fisika, terutama situasi fisika baru atau situasi fisika yang dinyatakan dalam bentuk deskriptif. Mahasiswa masih sering menyelesaikan persoalan momentum yang dinyatakan secara deskriptif, tidak dalam bentuk angka-angka, tanpa menggunakan prinsip Fisika yang telah dipelajari. *Kedua*, mahasiswa memandang konsep momentum sama dengan konsep energi, yaitu sebagai besaran skalar. *Ketiga*, mahasiswa kesulitan menerapkan hukum kekekalan momentum dalam situasi fisika baru, terutama dalam konteks soal yang memiliki massa yang berubah. Mahasiswa terlalu fokus pada aspek kecepatan dalam penyelesaian persoalan momentum. *Keempat*, adanya kekeliruan berpikir terkait keberlakuan hukum momentum untuk benda, bukan hanya untuk sistem. *Kelima*, mahasiswa kesulitan dalam mendeskripsikan momentum, perubahan momentum, impuls yang dinyatakan dalam representasi vektor [18].

Konsep momentum merupakan konsep yang penting dalam fisika sama halnya dengan konsep energi [9][10]. Kesulitan yang dialami mahasiswa pada konsep momentum telah dilaporkan oleh beberapa hasil penelitian terdahulu. Close dan Heron [19] melaporkan bahwa mahasiswa cenderung meninjau hukum momentum sebagai hukum besaran skalar, bukan sebagai vektor. Penelitian Graham dan Berry [20] terhadap lebih dari 500 siswa di Inggris (usia 17-18) juga menyimpulkan bahwa sebagian besar siswa memahami momentum sebagai besaran skalar. Selain memahami momentum sebagai besaran skalar, mahasiswa juga kesulitan dalam menghubungkan persamaan matematis momentum pada kasus tumbukan dengan fenomena gerak yang mereka amati. Kenyataan bahwa mahasiswa mengalami kesulitan pada konsep momentum, bertolakbelakang dengan pengamatan selama pembelajaran. Selama proses perkuliahan, hasil pengamatan langsung menunjukkan bahwa mahasiswa cukup paham dengan konsep momentum yang disampaikan. Sebagian besar mahasiswa tampak bisa mengikutiperkuliahan dan menerima materi yang sedang dipelajari. Hal ini dibuktikan dengan apabila dosen mengajukan pertanyaan

konseptual untuk mengecek pemahaman mahasiswa saat itu, mahasiswa bisa menjawab.

Melihat keadaan tersebut, perlu ada upaya mendesain ulang pembelajaran yang secara khusus dapat membantu mahasiswa mempersiapkan diri dengan baik sebelum perkuliahan dan sekaligus mendukung pembelajaran yang memfasilitasi mahasiswa untuk mengkonstruksi pemahamannya sendiri. Karena bagaimanapun baiknya pembelajaran yang disiapkan oleh seorang dosen, tapi apabila mahasiswa pasif dalam menjawab pertanyaan kualitatif/inkuiri untuk mengkonstruksi konsep akibat tidak mempersiapkan diri sebelum perkuliahan, maka pembelajaran hanya akan berujung pada pemberian informasi belaka. Sementara pembelajaran semacam ini telah terbukti tidak efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa [13]. Upaya yang sebelumnya pernah dilaporkan untuk menstimulus mahasiswa agar mempersiapkan diri dengan baik sebelum perkuliahan adalah melalui penggunaan modul multimedia [21], pemberian tugas awal membaca bagian buku tertentu disertai kuis daring [14], dan pemberian beberapa soal yang dipilih dari buku kemudian via email sebelum perkuliahan [22].

Dalam studi ini akan dipaparkan terkait pengembangan tutorial pra kelas yang selanjutnya disebut Pre-Class Tutorial (PCT) dan efektifitasnya didalam meningkatkan pemahaman konsep Fisika Mahasiswa calon guru pada materi Sistem Partikel dan Hukum Momentum.

II. LANDASAN TEORI

Pengembangan kurikulum dalam pembelajaran Fisika yang berpijak pada penyelidikan pemahaman konseptual mahasiswa masih akan terus berlanjut. Bukan hanya pada perkuliahan Fisika Dasar lagi, namun berkembang pada perkuliahan Fisika lanjutan, seperti Fisika Modern [23] dan Mekanika Kuantum [24]. Hal ini tentu membuat pengembangan metode dan strategi pembelajaran harus mengikuti temuan kesulitan konseptual mahasiswa pada konsep yang spesifik di perkuliahan tersebut.

Sampai sejauh ini, komunitas peneliti pendidikan Fisika telah berhasil mengembangkan berbagai metode dan strategi pembelajaran yang mendukung pemahaman konseptual dan kemampuan pemecahan masalah. Van Heuvelen [10] mendesain pembelajaran *Overview Case Study Physics* (OCS) yang didukung dengan *Concept First* oleh Gautreau [25]. Pembelajaran ini menekankan pada pembelajaran aktif, kooperatif dan memanfaatkan beragam representasi untuk memecahkan masalah. Heller *et al.* [10] juga merancang sebuah strategi pemecahan masalah melalui pembelajaran kolaboratif. Eric Mazur mendesain sebuah pembelajaran *Peer Instruction* (PI) untuk mengajarkan Fisika di Harvard University [26]. Sementara McDermott [27] melakukan penelitian intensif dan berkelanjutan di University of

Washington (UW) untuk mengembangkan kurikulum *Physics by Inquiry* dan *Tutorial in Introductory Physics*. Keefektifan semua metode tersebut telah didokumentasikan oleh banyak laporan penelitian, termasuk metode tutorial yang dikembangkan oleh McDermott [28].

Metode tutorial memungkinkan mahasiswa untuk memeriksa sendiri ketidakonsistenan pemahaman konsep dan kesalahan penalaran dalam jawaban mereka [29]. Tetapi, penggunaannya pada populasi mahasiswa yang belum terbiasa dengan pertanyaan konseptual kualitatif memerlukan upaya yang lebih intensif. Namun demikian, tutorial telah terbukti efektif meningkatkan kemampuan mahasiswa menyelesaikan pertanyaan kualitatif dan kuantitatif [29]. Tutorial juga telah banyak diadopsi dalam berbagai perkuliahan dan kegiatan laboratorium, seperti matematika [30], mekanika kuantum, astronomi, dan praktikum Fisika Dasar [31]. Keseluruhan hasil penelitian tersebutlah yang menjadi rasional pengembangan tutorial pra-kelas ini. Tutorial yang dikembangkan oleh McDermott di UW merupakan suplemen yang digunakan setelah pembelajaran menggantikan sesi resitasi. Sementara dengan melihat keefektifan penggunaan tutorial pada kegiatan pra-praktikum [31] dampak pemberian tugas berupa pertanyaan konseptual yang mendukung peningkatan hasil belajar [32] dan untuk mengatasi kelemahan mahasiswa dalam membaca buku sebelum perkuliahan, maka atas dasar rasional tersebut PCT dirancang.

III. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen semu yang bertujuan untuk menggambarkan tahap pengembangan tutorial pra-kelas dan mengetahui keefektifan penggunaannya untuk meningkatkan pemahaman konsep pada perkuliahan Fisika Dasar. Subjek yang terlibat dalam penelitian ini adalah mahasiswa prodi pendidikan Fisika semester III tahun akademik 2015/2016 sebanyak 82 mahasiswa, tahun akademik 2016/2017 sebanyak 82 mahasiswa, dan tahun akademik 2017/2018 sebanyak 82 mahasiswa. Untuk mahasiswa semester III tahun akademik 2015/2016 dan 2016/2017 masih menerapkan pembelajaran perkuliahan Fisika Dasar I tanpa menggunakan PCT, sedangkan tahun akademik 2017/2018 sudah menggunakan PCT. Instrumen penelitian yang digunakan berupa PCT untuk mendapatkan deskripsi proses pemikiran mahasiswa terhadap konsep Fisika dan Tes penguasaan konsep Materi sistem partikel dan Momentum untuk mengetahui pemahaman konsep. Peningkatan pemahaman konsep mahasiswa calon guru diidentifikasi dengan cara membandingkan pencapaian rata-rata nilai mahasiswa pada tes pemahaman konsep Momentum untuk tahun akademik 2015/2016, 2016/2017 dan 2017/2018.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

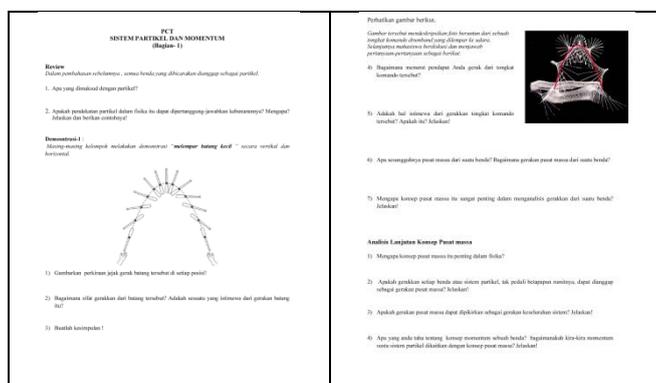
1. Deskripsi Pengembangan PCT

PCT ini disusun dengan tujuan untuk melatih mahasiswa agar menyeimbangkan penalaran dan pemecahan masalah kuantitatif dengan penalaran kualitatif dan pemahaman konseptual. Selain itu, melatih mahasiswa untuk rutin membaca buku Fisika kata demi kata dengan teliti sebelum perkuliahan dan tidak hanya menjadikan buku sebagai rujukan yang dipakai ketika ada pekerjaan rumah dan tugas saja. Apabila mahasiswa telah mempersiapkan diri dengan baik sebelum perkuliahan, maka secara otomatis dapat mendukung sebuah pembelajaran aktif di dalam kelas. Adapun deskripsi karakteristik dan desain tutorial pra-kelas yang digunakan di UPI dipaparkan dengan mengambil contoh materi sistem partikel dan momentum.

Beberapa hal yang menjadi dasar pertimbangan dalam proses pengembangan yang sekaligus menjadi karakteristik dari tutorial pra-kelas ini. *Pertama*, pertanyaan-pertanyaan dalam tutorial disusun secara konseptual dan sistematis dengan mempertimbangkan jenjang berpikir dan urutan konsep Fisika, sesuai dengan asas konstruktivistik [33]. *Kedua*, Tutorial dikembangkan menjadi dua bagian. Bagian pertama berisikan pertanyaan-pertanyaan untuk mengkonstruksi konsep Fisika, sedangkan bagian kedua berisikan pertanyaan-pertanyaan untuk menerapkan konsep Fisika yang merujuk nomor soal terpilih dalam buku rujukan yang dipakai. *Ketiga*, pada bagian implementasi konsep, permasalahan yang disajikan dibuat sesuai urutan konsep Fisika dan berjenjang mulai dari tingkat I sampai tingkat III, baik yang bersifat kuantitatif maupun kualitatif. Tingkat I berisi soal-soal yang hanya memerlukan satu langkah penyelesaian dan relatif mudah. Tingkat II berisi soal-soal yang membutuhkan pengertian yang lebih mendalam. Artinya memungkinkan tidak hanya memerlukan satu langkah penyelesaian dan mungkin menghubungkan dengan konsep lain yang diperlukan. Tingkat III soal yang paling menantang bagi mahasiswa. Pada soal tahapan III, tuntutan penyelesaian bukan hanya mengaitkan antar hubungan konsep, tetapi juga memungkinkan mahasiswa harus menggunakan matematika yang lebih tinggi, misalnya terkait persoalan titik kritis maksimum-minimum. Penyelesaian ini selain memerlukan konsep fisis, juga memerlukan konsep matematis seperti konsep turunan, integral, dan deret. Secara umum, urutan tingkatan ini menyatakan tuntutan berpikir yang lebih tinggi baik dilihat dari jenjang berpikir maupun dari kompleksitas konten Fisika yang diberikan.

PCT ini dikembangkan melalui sebuah penelitian yang berkelanjutan. Tahapan pengembangannya secara garis besar terdiri dari dua tahap, yaitu tahap diagnosa masalah dan tahap pengembangan tutorial. Pada tahap diagnosa masalah dilakukan dengan mengidentifikasi kesulitan mahasiswa pada konsep

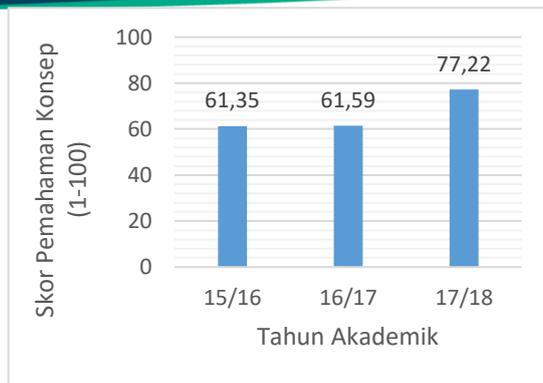
tertentu. Metode yang digunakan serupa dengan yang digunakan oleh *Physics Education Research Group* (PER) yang dipelopori oleh L.C. McDermott, untuk menyelidiki pemahaman konsep dan kesulitan konseptual yang dialami oleh mahasiswa (Heron & McDermott, 1998). Dua metode yang digunakan oleh PER, yaitu wawancara demonstrasi individu (*individual demonstration interview*) dan studi deskriptif melalui tes tertulis (*written tests*) (McDermott, 2013). Pengamatan dan interaksi dengan mahasiswa di dalam kelas juga memberi informasi mendalam tentang bagaimana mahasiswa belajar dengan baik. Tahap pengembangan tutorial adalah dengan menyusun pertanyaan konseptual arahan secara sistematis sesuai dengan temuan penelitian, jenjang berpikir dan urutan konstruksi konsep Fisika. Kemudian tutorial yang disusun diujicoba pada sampel mahasiswa yang mengikuti perkuliahan Fisika Dasar. Hasil tes unit yang diberikan setelah pembelajaran menjadi bahan evaluasi untuk merevisi kelemahan yang terdapat dalam tutorial pra-kelas yang telah disusun. Secara umum, contoh PCT yang dikembangkan disajikan gambar 1.



Gambar 1. Sampel PCT untuk mengkonstruksi konsep sistem Partikel

PCT ditugaskan kepada mahasiswa sebelum perkuliahan mendatang berlangsung. Mahasiswa harus menyelesaikan tutorial tersebut secara individu maupun kelompok sebelum mengikuti perkuliahan. Dalam perkuliahan, karena mahasiswa sudah mempunyai kesiapan belajar, diskusi terjadi lebih interaktif. Dosen hanya sebagai fasilitator yang membimbing jalannya diskusi serta memberikan penguatan-penguatan konsep.

Untuk melihat efektivitas penggunaan PCT, maka setelah pembelajaran mahasiswa diberikan tes Pemahaman konsep sistem partikel dan hukum momentum. Kemudian perolehan nilai tes kelompok mahasiswa yang diajar menggunakan PCT dengan tanpa menggunakan PCT untuk selanjutnya dibandingkan. Secara umum pencapaian hasil belajar mahasiswa terkait pemahaman konsep materi sistem partikel dan momentum disajikan dalam gambar 2.



Gambar 2 . Skor Pemahaman Konsep Sistem Partikel dan Momentumselama tiga tahun akademik

Gambar 2 memperlihatkan bahwa terdapat peningkatan rata-rata pencapaian skor pemahaman konsep materi sistem partikel dan momentum. Peningkatan yang dimaksud adalah kenaikan capaian rata-rata nilai mahasiswa untuk tiap tes unit dari tahun akademik 2015/2016 dan 2016/2017 sampai tahun akademik 2017/2018. Analisis lanjutan untuk melihat apakah perbedaan yang ada signifikan atau tidak dilakukan dengan uji lanjutan (*Post Hoc Analysis*). Secara umum, hasil uji lanjutan disajikan dalam gambar 3.

Multiple Comparisons

VAR00002
Games-Howell

(i) VAR00001	(j) VAR00001	Mean Difference (i-j)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	-.23171	1.08163	.975	-2.7904	2.3270
	3.00	-15.86595*	1.04899	.000	-18.3477	-13.3841
2.00	1.00	.23171	1.08163	.975	-2.3270	2.7904
	3.00	-15.63415*	1.00779	.000	-18.0181	-13.2501
3.00	1.00	15.86595*	1.04899	.000	13.3841	18.3477
	2.00	15.63415*	1.00779	.000	13.2501	18.0181

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Gambar 3 . Rekapitulasi Hasil *Post Hoc Analysis* Perbandingan Skor Pemahaman Konsep

Berdasarkan data ini tampak bahwa skor pemahaman konsep mahasiswa tahun akademik 2017/2018 (Var 000001- 3.00) berbeda secara signifikan baik dengan skor pemahaman konsep tahun akademik 2016/2017 (Var 000001- 2.00) maupun 2015/2016 (Var 000001- 1.00). Hal ini ditunjukkan dengan nilai sig. 0,000 ($Sig = 0,000 < 0,050$). Hasil ini semakin menguatkan bahwa terdapat peningkatan pemahaman konsep setelah penggunaan PCT.

Peningkatan capaian ini tentu tidak terlepas dari peran tutorial pra-kelas yang digunakan. Hal ini didasarkan atas adanya perubahan pemikiran mahasiswa (dituangkan dalam tutorial) yang ditemukan selama proses pembelajaran. Sebagian besar mahasiswa setelah melalui diskusi kelompok dan diskusi kelas mengalami perubahan pemahaman konsep sistem partikel dan momentum. Pemberian tutorial pra-kelas yang disajikan dalam bentuk pertanyaan konseptual arahan dengan menggunakan beragam representasi membuat mahasiswa menjadi lebih berpikir dan mempertimbangkan secara detail jawaban mereka. Selain itu, pembelajaran di kelas menjadi lebih aktif dan kaya dengan diskusi konseptual

interaktif antar mahasiswa atau antara mahasiswa dengan dosen. Perkuliahan tidak lagi monoton dan bersifat informatif, melainkan menjadi tempat diskusi untuk menyelesaikan permasalahan yang ditemukan mahasiswa sebelum masuk kelas. Dosen juga menjadi lebih mudah mengarahkan jalannya pembelajaran menggunakan diskusi perubahan konseptual (Erylmaz, 2002) untuk mengkonstruksi konsep yang diharapkan karena mahasiswa telah siap dengan pengetahuan awal tentang konsep tersebut.

V. KESIMPULAN

Penggunaan PCT pada perkuliahan Fisika Dasar khususnya untuk materi sistem partikel dan momentum telah berhasil meningkatkan pencapaian hasil belajar mahasiswa yang ditunjukkan dengan peningkatan skor pemahaman konsep sistem partikel dan momentum. Studi ini juga memeberikan alternatif pembelajaran mengubah pembelajaran konvensional yang cenderung informatif menjadi sebuah pembelajaran konseptual berkualitas yang aktif dan kooperatif. PCT yang menekankan pada aspek pemahaman konseptual sangat berguna untuk menstimulus mahasiswa untuk membaca buku rujukan dalam perkuliahan Fisika Dasar dalam rangka mempersiapkan diri sebelum mengikuti perkuliahan. Hasilnya, mahasiswa datang ke kelas dengan membawa banyak masalah dan pembelajaran di kelas sepenuhnya menjadi tempat berdiskusi untuk memecahkan masalah. Konsekuensi logis dari hal tersebut adalah pemahaman konseptual mahasiswa akan meningkat dan mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] McDermott, L. C., Shaffer, P. S. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. *Am. J. Phys.* **60** (11), pp. 994–1003.
- [2] Kim, E., Pak, S. (2002). Students do not overcome conceptual difficulties after solving 1000 traditional problems. *Am. J. Phys.* **70** (7), pp. 759-765.
- [3] Johnson, M. (2001). Facilitating high quality student practice in introductory physics. *Am. J. Phys.* **69** (7), pp. S2-S1112. Coletta, V. P. dan Phillips, J. A. (2005). Interpreting FCI scores: Normalized gain, preinstruction scores, and scientific reasoning ability. *Am. J. Phys.* **73**(12), pp. 1172-1182.
- [4] McDermott, L. C., Redish, E. F. (1999). Resource Letter: PER-1: Physics Education Research. *Am. J. Phys.* **67** (9), pp. 755-767.
- [5] Hsu, L., Brewster, E., Foster, T.M., Harper, K.A. (2004). Resource Letter RPS-1: Research in problem solving. *Am. J. Phys.* **72** (9), pp. 1147-1156. Heiner, C.E., Banet, A.I., Wieman, C. (2014). Preparing students for class: How to get 80% students reading the textbook before class. *Am. J. Phys.* **82**(10), pp. 989-996.

- [6] Sriyansyah, S. P., Suhandi, A., Saepuzaman, D. (2015a). Analisis konsistensi representasi dan konsistensi ilmiah mahasiswa pada konsep gaya menggunakan tes R-FCI. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*. **4**, pp.75-82.
- [8] Karim, S., Saepuzaman, D. and Sriyansyah, S.P., 2015. Diagnosis Kesulitan Belajar Mahasiswa Dalam Memahami Konsep Momentum. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, *1*(1), pp.85-90.
- [9] Van Heuvelen, A. (1991a). Learning to think like a physicist: A review of research-based instructional strategies. *Am. J. Phys.* **59**(10). pp. 891-897.
- [10] Van Heuvelen, A. (1991b). Overview, Case Study Physics. *Am. J. Phys.* **59**(10). pp. 898-907.
- [11] Meltzer, D. E. (2002). The relationship between mathematics preparation and conceptual learning gains in physics: A possible “hidden variable” in diagnostic pretest scores. *Am. J. Phys.* **70**(12). pp. 1259-1268.
- [12] Ambrose, B.S. (2004). Investigating student understanding in intermediate mechanics: Identifying the need for a tutorial approach to instruction. *Am. J. Phys.* **72**(4). pp. 453-459.
- [13] McDermott, L. C. (2001). Oersted Medal Lecture 2001: “Physics Education Research — The key to student learning”. *Am. J. Phys.* **69** (11). pp. 1127-1137/17. Lindsey, B.A. Liu, A.Y. (2013). Combining two reform curricula: An example from a course with wellprepared students. *Am. J. Phys.* **81**(7). pp. 545-553.
- [14] Heller, P., Keith, R., Anderson, S. (1992a). Teaching Problem Solving Through Cooperative Grouping. Part 1. Group Versus Individual Problem Solving. *Am. J. Phys.* **60**(7). pp. 627-636
- [16] Podolefsky, N., Finkelstein, N. (2006). The perceived value of college physics textbooks: Students and instructors may not see eye to eye. *Phys. Teach.* **44**(6). pp. 338-342.
- [18] Karim, S., Saepuzaman, D. Sriyansyah, S.P.(2015).Diagnosis kesulitan mahasiswa dalam memahami konsep momentum. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan Fisika***1**(1). pp. 85-90.
- [19] Close, H. G., & Heron, P. R. (2010). Research as a guide for improving student learning: An example from momentum conservation. *American Journal of Physics*, *78*(9), 961-969.
- [20] Graham, T., & Berry, J. (1996). A hierarchical model of the development of student understanding of momentum. *International Journal of Science Education*, *18*(1), 75-89.
- [21] Stelzer, T., Gladding, G., Mestre, J. P. , Brookes, D. T. (2009). Comparing the efficacy of multimedia modules with traditional textbooks for learning introductory physics content. *Am. J. Phys.* **77**(2). pp. 184-190.
- [22] Finch, J.D., Hand, L.N. (1998). Using an E-mail tutorial and student seminars to improve an intermediate-level undergraduate physics course. *Am. J. Phys.* **66**(10). pp. 914 – 919.
- [23] Zollman, D. (2016). Oersted Lecture 2014: Physics education research and teaching modern Modern Physics. *Am. J. Phys.* **84**(8). pp. 573 – 580.
- [24] Kohnle, A., Bozhinova, I., Browne, D., Everitt, M., Fomins, A., Kok, P., Kulaitis, G., Prokopas, M., Raine, D., Swinbank, E., et al. (2014). A new introductory quantum mechanics curriculum. *Eur. J. Phys.* **35**. pp. 1-9.
- [25] Gautreau, R. dan Novemsky, L. (1997). Concepts first — A small group approach to physics learning. *Am. J. Phys.* **65**(5). pp. 418 – 428
- [26] Crouch, C.H., Mazur, E. (2001). Peer Instruction: Ten years of experience and results. *Am. J. Phys.* **69**, 970-977
- [27] McDermott, L.C. (2014). Melba Newell Phillips Medal Lecture 2013: Discipline-Based Education Research— A View From Physics. *Am. J. Phys.* **82**(8). pp. 729-741.
- [28] Kryjevskaja, M., Boudreaux, A., Heins, D.(2014). Assessing the flexibility of research-based instructional strategies: Implementing tutorials in introductory physics in the lecture environment. *Am. J. Phys.* **82**(3). pp. 238 – 250.
- [29] Cruz, E., O’shea, B., Schaffenberg, W., Wolf, S., Kortemeyer, G., (2010). Tutorials in Introductory Physics: The Pain and the Gain. *Phys. Teach.* **48**. pp. 453-457.
- [33] Ackermann, E. (2001). Piaget’s constructivism, Papert’s constructionism: What’s the difference. *Future of learning group publication*, *5*(3), 438.

Prosiding Seminar/konferensi

- [7] Karim, S., Saepuzaman, D. (2016). Analisis Kesulitan Mahasiswa Calon Guru Fisika Dalam Memahami Konsep Gerak Parabola. *Prosiding Seminar Nasional Fisika* (Universitas Negeri Jakarta, Jakarta, Indonesia).
- [15] Cummings, K., French, T. Cooney, P.J. (2002). Student textbook use in introductory physics. *PERC Proceedings* (Boise, ID, August 7-8, 2002), edited by S. Franklin, K. Cummings, and J. Marx (AAPT, 2002).
- [17] Subali, B., Rusdiana, D., Firman, H., Kaniawati, I. (2015). Analisis kemampuan interpretasi grafik kinematik a pada mahasiswa calon guru Fisika. *Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains* (Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia).
- [29] Francis, G.E. (1997). Effectiveness of tutorials in introductory physics. *The Changing Role of Physics Departments in Modern Universities: Proceedings of ICUPE*, edited by E. F. Redish and J. S. Rigden.

CP399. pp. 567-573.

- [30] Steinberg, R.N., Wittmann, M.C., Redish, E.F. (1997). Mathematical tutorials in introductory physics. *The Changing Role of Physics Departments in Modern Universities*: Proceedings of ICUPE, edited by E. F. Redish and J. S. Rigden. **CP399**. pp. 1075-1092.
- [31] Sadaghiani, H.R. (2010). Online multimedia prelab tutorials in conservation laws. *PERC Proceedings CP1289* edited by C. Singh, M. Sabella, and S. Rebello (AAPT, 2010).
- [32] Sriyansyah, S. P., Karim, S., Saepuzaman, D., Suhandi, A. (2015b). Investigation of students' scientific consistency and learning difficulties in the first law of thermodynamics. *Proceeding on International Conference on Mathematics, Science and Education* (Semarang State University, Central Java, Indonesia).