

**Skim Hibah: HIBAH PENELITI UTAMA (PUT-UNS) sebagai
rujukan HIBAH MAINTENANCE RESEARCH GROUP (MRG-UNS)
Bidang Unggulan : Pembangunan manusia dan daya saing bangsa**

LAPORAN AKHIR



**INTEGRASI KOMPUTASI NUMERIK DALAM
KURIKULUM PENDIDIKAN FISIKA S-1
TANPA PENGGUNAAN BAHASA PEMROGRAMAN**

Group Riset

Media Pembelajaran Fisika No.ID.K12171750

Ketua Tim Peneliti

Ahmad Fauzi, M.Pd/0005027908

Anggota Peneliti

Dwi Teguh Rahardjo, S.Si, M.Si.(0003046804)

**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
Oktober 2017**

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN AKHIR

No. Reg:



000502790813420172

Judul Penelitian	:	Integrasi Komputasi Numerik Dalam Kurikulum Pendidikan Fisika S-1 Tanpa Penggunaan Bahasa Pemrograman
Bidang Ilmu / Group Riset	:	PENDIDIKAN / Media Pembelajaran Fisika
Bidang Kajian	:	Pembangunan manusia dan daya saing bangsa
SKIM	:	Hibah Peneliti Utama Sebagai Rujukan Hibah MRG-UNS (PUT-MRG)
Ketua Penelitian		
A. Nama Ketua	:	AHMAD FAUZI
B. NIDN	:	0005027908
C. Jabatan Fungsional	:	
D. Fakultas / Program Studi	:	KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN / S-1 Pendidikan Fisika
E. Nomor HP	:	085647256315
F. Email	:	fauziuns@staff.uns.ac.id
Anggota Penelitian		
1. Nama / NIDN(Kode Reg.)	:	Dwi Teguh Rahardjo / 0003046804
Group Riset	:	ESMART
Penelitian Tahun Ke-	:	1
Biaya Disetujui	:	Rp. 26.500.000,00

Mengetahui
Koordinator Group Riset


AHMAD FAUZI
NIDN. 0005027908

Mengetahui
Ketua LPPM

Prof. Sulistyono Saputro, M.Si, Ph.D
NIDN. 0004096805

Surakarta, 16 October 2017
Ketua Peneliti


AHMAD FAUZI
NIDN. 0005027908

Mengetahui,
KPPMF


Dr. Slamet Subiyantoro, M.Si
NIDN. 0021056505

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	1
HALAMAN PENGESAHAN	2
DAFTAR ISI	3
RINGKASAN	4
BAB I PENDAHULUAN	5
BAB II URAIAN KEGIATAN DAN METODE PENELITIAN	11
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	12
BAB IV KESIMPULAN	18
DAFTAR PUSTAKA	19
LAMPIRAN FORMULIR BUKTI CAPAIAN LUARAN	21
LAMPIRAN RINCIAN PENGGUNAAN ANGGARAN PENELITIAN	44

RINGKASAN HASIL PENELITIAN

Komputasi numerik merupakan penggunaan komputer untuk memecahkan, mensimulasi, dan memvisualisasi suatu masalah yang sangat penting dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Sayangnya di Indonesia, komputasi numerik tidak diajarkan untuk semua mahasiswa sains, apalagi untuk siswa sekolah menengah. Pada tingkat perguruan tinggi, komputasi numerik hanya diajarkan pada mahasiswa sains dan teknik (ilmu murni), tidak diajarkan pada mahasiswa pendidikan sains seperti pendidikan fisika. Padahal banyak penelitian menunjukkan bahwa komputasi numerik sangat penting dikuasai oleh guru fisika untuk mempersiapkan siswa-siswanya menyesuaikan diri dengan perkembangan zaman. Pada umumnya, kesulitan yang dihadapi untuk mengintegrasikan komputasi numerik dalam kurikulum adalah sudah padatnya kurikulum sehingga hampir tidak mungkin untuk menambahkan mata kuliah komputasi numerik dan penguasaan bahasa pemrogram komputer mahasiswa yang masih minim. Penelitian ini dilakukan terhadap mahasiswa Pendidikan Fisika FKIP UNS semester 2 tahun ajaran 2016/2017 serta mahasiswa semester 4 tahun ajaran 2015/2016. Tujuan dari penelitian ini adalah mendeskripsikan pengintegrasian komputasi numerik dalam kurikulum Pendidikan Fisika S-1 tanpa menggunakan bahasa pemrograman dan mengintegrasikan komputasi numerik dengan pemodelan spreadsheet untuk mata kuliah praktikum fisika. Program komputer tanpa bahasa pemrograman yang digunakan untuk membantu mahasiswa melakukan komputasi numerik adalah spreadsheet excel. Data penelitian ini adalah hasil wawancara, kajian pustaka, angket, dan tes. Metode penelitian yang digunakan adalah studi kasus. Data kuantitatif meliputi data dari angket dan tes sedangkan data kualitatif meliputi data dari wawancara. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa spreadsheet excel dapat digunakan sebagai program yang dapat membantu mahasiswa belajar komputasi numerik tanpa harus belajar bahasa pemrograman dan komputasi numeric dengan pemodelan spreadsheet dapat diintegrasikan dengan mata kuliah praktikum fisika. Hasil penelitian ini menjadi pelengkap bagaimana mengintegrasikan komputasi numerik untuk mahasiswa pendidikan fisika S-1 tanpa harus menggunakan bahasa pemrograman untuk mata kuliah fisika teori dan praktikum fisika.

BAB I PENDAHULUAN

Fisika sebagai produk sains terbentuk berdasarkan serangkaian pengamatan dari hukum-hukum alam yang disajikan dalam suatu persamaan matematis. Pemodelan gejala fisika secara matematis ini dapat menimbulkan kesulitan bagi mahasiswa untuk memahami makna fisis dari fenomena alam yang sesungguhnya terjadi. Seiring dengan semakin kompleksnya materi yang dipelajari maka semakin rumit persamaan matematisnya sehingga mahasiswa dituntut menguasai metode-metode tertentu untuk memecahkan masalah tersebut. Salah satu metode yang biasa digunakan untuk menyelesaikan suatu masalah fisika yaitu metode analitik, namun semakin kompleksnya permasalahan yang harus diselesaikan maka diperlukan metode numerik tertentu agar masalah matematis tersebut dapat dipecahkan dengan operasi perhitungan. Seiring dengan perkembangan ilmu dan teknologi, dalam penyusunan model matematika dan teknik penyelesaian numerik biasanya menggunakan bantuan komputer (komputasi numerik) untuk menganalisis dan memecahkan berbagai masalah-masalah dengan menggunakan berbagai teknik visualisasi dan simulasi.

Komputasi numerik sangat dibutuhkan oleh lulusan fisika saat mereka bekerja, namun dari berbagai penelitian menunjukkan bahwa kemampuan komputasi lulusan fisika masih rendah (Fuller, 2006; Landau, 2007; Chonacky dan Winch 2008, dan Benacka, 2016). Selain dibutuhkan di dunia kerja, komputasi juga diperlu diajarkan dalam proses pembelajaran di kelas karena komputasi numerik dapat memberikan berbagai keuntungan pedagogy seperti dapat mengembangkan kemampuan analitis, memfasilitasi pembelajaran melalui simulasi dan visualisasi berbagai sistem dan fenomena fisika dan meningkatkan kualitas pembelajaran pendidikan fisika (Landau, 2007 dan Chabay dan Sherwood 2008).

Salah satu keunggulan metode komputasi numerik dibanding metode analitik adalah dapat menunjukkan berbagai fenomena alam yang lebih nyata dengan menganalisis berbagai faktor yang harus dianalisis, dimana faktor-faktor ini biasanya diabaikan dalam metode analitik dengan pertimbangan untuk mempermudah analisis (Nguyen, 2006). Landau (2006) mengungkapkan bahwa

komputasi fisika dapat memberikan kesempatan siswa belajar berdasarkan paradigma solving problem (pemecahan masalah) secara lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan pembelajaran tradisional. Namun demikian, mengajarkan komputasi numerik kepada mahasiswa fisika S-1 masih menjadi tantangan (Gould dan Tobochnik, 2001; Ross, 2006; Johnston, 2006; Tobochnik dan Gould; 2008).

Berbagai penelitian dilakukan untuk menemukan cara terbaik mengajarkan komputasi numerik pada mahasiswa fisika S-1. Namun pada kenyataannya, pada berbagai kasus yang terjadi di berbagai universitas di benua Amerika dan Eropa, karena rumit dan padatnya kurikulum yang digunakan sehingga hampir tidak mungkin mengajarkan komputasi numerik sebagai mata kuliah dengan nilai kredit sendiri (Spencer, 2005). Berbagai upaya yang telah dilakukan untuk mengatasi masalah ini, seperti dengan mengintegrasikan komputasi numerik dalam mata kuliah fisika dasar yang dipadukan dengan kegiatan praktikum di laboratorium dilengkapi sumber materi dalam web (Serbanescu, Kuser, dan Stanley, 2011) dan memberikan pelatihan tambahan pada mata kuliah mekanika dan termodinamika (Ross, 2006). Untuk melakukan komputasi dengan komputer, mahasiswa juga mengalami kendala karena untuk membuat visualisasi dan simulasi mahasiswa harus memiliki kemampuan bahasa pemrogram tertentu. Dengan demikian, untuk mengajarkan komputasi numerik, mahasiswa harus belajar bahasa pemrograman tertentu yang tentu akan semakin menyulitkan mahasiswa. Untuk mengatasi hal ini, beberapa peneliti memilih menggunakan bahasa pemrograman yang mudah dan gratis seperti Vpython maupun bahasa pemrograman berbayar seperti Origin dan Igor. Namun demikian, penggunaan bahasa pemrograman berbayar seperti Origin dan Igor juga menimbulkan masalah karena mahasiswa tinggal menggunakan program yang sudah jadi, mahasiswa menganggap komputasi numeriknya sebagai kotak hitam yang tidak mereka pahami, oleh karena itu penggunaan program yang menuntut mahasiswa aktif membuat sendiri pemrogramannya merupakan pilihan yang paling tepat (Landau, 2006).

Di Indonesia, secara umum program fisika dibagi menjadi dua yaitu Fisika Murni (fokus mengkaji ilmu fisika) dan Pendidikan Fisika (fokus mengkaji ilmu

fisika dan pedagogy yang akan digunakan untuk mengajarkan konsep fisika di tingkat SMA). Seperti halnya di luar negeri, komputasi numerik hanya diajarkan di Program Fisika Murni saja dengan jumlah SKS antara 2-3 saja. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi komunikasi, terjadi pergeseran paradigma dalam pendidikan fisika di Indonesia. Pergeseran paradigma tersebut berimplikasi dengan dihapusnya mata kuliah pemrograman dan digantikan dengan mata kuliah animasi dan media pembelajaran fisika karena dianggap lebih sesuai dengan kebutuhan di lapangan. Mata kuliah animasi dan media pembelajaran biasanya menggunakan program Macromedia Flash atau Adobe Flash yang berfokus untuk melatih mahasiswa membuat media pembelajaran fisika.

Pembuatan media animasi menggunakan program Macromedia Flash atau Adobe Flash ini tentu tidak selalu tepat karena dalam membuat media animasi mahasiswa fokus membuat media dengan menggunakan konsep idealisasi (menggunakan metode analitik) hanya berfokus bagaimana membuat media yang menarik, masih menggunakan paradigma siswa belajar dari komputer, bukan siswa belajar bersama komputer (Jonassen dan Reeves, 1996). Oleh karena itu dipandang perlu untuk membekali mahasiswa pendidikan fisika dengan kemampuan membuat media pembelajaran yang tidak hanya berfokus pada metode analitik, namun juga mampu mengimplementasikan komputasi numerik dalam pembelajaran dan media pembelajaran.

Salah satu kendala utama yang dihadapi dosen dalam mengajarkan komputasi numerik adalah bahasa pemrogram tertentu yang harus dikuasai oleh mahasiswa. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk membantu mahasiswa belajar komputasi numerik tanpa harus belajar bahasa pemrogram yang rumit adalah menggunakan spreadsheet excel. spreadsheet excel ini dipilih berdasarkan hampir semua mahasiswa pernah mempelajari spreadsheet excel dan program ini biasanya sudah terinstall di setiap komputer yang dimiliki mahasiswa. Penggunaan spreadsheet excel dalam pembelajaran fisika dari tahun 1979 sampai 2003 telah diteliti Baker dan Sudgen (2003). Spreadsheet excel dapat digunakan untuk membuat simulasi dan visualisasi berbagai fenomena fisika baik dengan metode analitik atau numerik tanpa membutuhkan kemampuan penguasaan

bahasa pemrograman yang sulit (Lingard, 2003; Benacka, 2007, Benacka, 2008; Benacka dan Ceretkova, 2013; Benacka, 2015, dan Fauzi, 2016).

Spreadsheet juga terbukti mampu meningkatkan pemahaman konsep fisika yang biasanya dinyatakan dalam pemodelan matematika yang rumit atau konsep tersebut memerlukan kemampuan matematika yang belum dimiliki siswa. Benacka (2007) menemukan bahwa pemodelan numerik dengan metode Euler dengan menggunakan *Spreadsheet* dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa tentang konsep osilasi teredam walaupun mahasiswa belum mendapat pelajaran tentang persamaan differensial. Lingard (2003) mengemukakan bahwa *Spreadsheet* dapat digunakan untuk menjelaskan peristiwa yang melibatkan rangkaian umpan balik seperti peluruhan radio aktif yang dapat diajarkan meskipun mahasiswa belum mendapat pelajaran tentang persamaan differensial. Menurut Doak *et al* (2005) *Spreadsheet* dapat menjadi alat pengajaran yang sangat berguna jika dibuat semenarik mungkin, sehingga mahasiswa dengan senang dapat memasukkan data dan melihat tampilan animasinya tanpa mengabaikan konsep fisika dan matematikanya.

Komputasi numerik merupakan mata kuliah yang sangat berguna bagi mahasiswa Fisika setelah mereka masuk dalam dunia kerja. Landau (2006) mengemukakan bahwa hasil survei terhadap alumni Fisika setelah mereka lulus selama lima tahun menunjukkan bahwa terdapat tiga ketrampilan yang sangat mereka butuhkan saat bekerja yaitu pemecahan masalah, mensintesis informasi dan ketrampilan matematis. Di tingkat sekolah menengah, komputasi numerik juga mulai diteliti seperti penelitian Lingard (2003) dan Benacka (2007). Integrasi kurikulum komputasi numerik untuk sekolah menengah atas di berbagai negara saat ini belum menunjukkan suatu keseragaman. Aiken (2013) mengungkapkan bahwa mahasiswa sekolah menengah atas terbukti mampu belajar bersikap ilmiah dengan belajar fisika dengan pendekatan pemecahan masalah dengan bantuan komputasi numerik. Marcos *et al* (2006) menemukan bahwa dengan mengintegrasikan kurikulum komputasi numerik dalam kurikulum instruksional dapat membantu mahasiswa sekolah menengah atas belajar analisis pemecahan masalah. Namun demikian, menurut Aiken *et al* (2008) pembelajaran

komputasi numerik untuk mahasiswa sekolah menengah belum dapat mengintegrasikan semua aspek dalam pembelajaran komputasi numerik, akibatnya banyak mahasiswa yang sudah mampu membuat model komputasi numerik namun mereka belum mengetahui hubungan konsep fisika dan proses iterasi yang dilakukan sehingga data numerik yang dihasilkan mahasiswa tersebut belum akurat.

Salah satu keunggulan komputasi numerik adalah menunjukkan fenomena alam yang lebih realistis dengan menganalisis berbagai faktor yang harus dianalisis, dimana faktor-faktor ini biasanya diabaikan dalam analisis analitik dengan pertimbangan untuk mempermudah analisis. Komputasi numerik dapat memberi siswa kesempatan belajar berdasarkan paradigma pemecahan masalah secara lebih efektif dan efisien daripada pembelajaran tradisional (Landau, 2006). Sayangnya, mengajarkan perhitungan numerik kepada mahasiswa fisika pendidikan S-1 masih menjadi tantangan (Serbanescu et al, 2011 dan Ross, 2006).

Salah satu keuntungan pedagogis menggunakan komputasi numerik dalam pendidikan fisika adalah pemodelan dan simulasi. Oleh karena itu, siswa harus mulai berlatih mengembangkan model fenomena fisik (ketrampilan pemodelan) dan menggunakan komputer untuk mensimulasikan masalah fisika tersebut (ketrampilan simulasi). Keterampilan pemodelan dan simulasi terdiri dari beberapa kategori: memilih model komputasi, menilai model komputasi, menggunakan model komputasi untuk menguji solusi, dan menggunakan model komputasi untuk memahami konsep (Weinstrop, et al 2016). Kelebihan penggunaan komputer dalam pendidikan fisika tidak harus diwujudkan dengan hanya memberikan masalah komputasi, disamping siswa mencapai solusi numerik yang benar, pemahaman mereka tentang sistem fisika dimana masalah didasarkan harus meningkat (Bufler et al, 2007).

Berbagai penelitian dilakukan untuk menemukan cara terbaik dalam mengajar komputasi numerik bagi mahasiswa fisika S-1. Namun kenyataannya, dalam banyak kasus yang terjadi di banyak universitas, karena kurikulumnya yang padat, hampir tidak mungkin untuk mengajarkan perhitungan numerik sebagai kursus dengan kreditnya sendiri (Sebanescu et al, 2011). Berbagai upaya telah

dilakukan untuk mengatasi masalah ini, seperti dengan mengintegrasikan komputasi numerik dalam mata pelajaran fisika dasar yang dikombinasikan dengan kegiatan laboratorium di laboratorium yang dilengkapi dengan sumber materi kuliah di web (Sebanescu et al, 2011) dan memberikan pelatihan tambahan dalam mata kuliah mekanik dan termodinamika (Ross, 2006).

Untuk mengerjakan suatu komputasi numerik, mahasiswa membutuhkan pengalaman pemrograman. Sayangnya, banyak penelitian menemukan bahwa sebagian besar siswa tidak memiliki pengalaman pemrograman (Bufler et al, 2007). Untuk mengatasi masalah ini, beberapa peneliti memilih menggunakan bahasa pemrograman yang mudah dan gratis seperti bahasa pemrograman Vpython atau berbayar seperti Origin dan IGOR. Namun, penggunaan bahasa pemrograman berbayar seperti Origin dan IGOR juga menimbulkan masalah karena siswa hanya menggunakan program siap pakai, siswa dapat mengasumsikan bahwa perhitungan numerik sebagai kotak hitam yang tidak mereka mengerti. Oleh karena itu, penggunaan program yang mengharuskan siswa untuk secara aktif membuat perhitungan sendiri merupakan pilihan terbaik (Landau, 2006).

Berdasarkan uraian di atas dipandang perlu mengkaji lebih lanjut bagaimana mengintegrasikan komputasi numerik dalam Pendidikan Fisika S-1 tanpa menggunakan bahasa pemrograman. Selain itu perlu dikaji pula bagaimana memperkenalkan tentang prinsip komputasi numerik sejak mahasiswa duduk di semester awal seperti dengan mengintegrasikan pemodelan spreadsheet sebagai bagian komputasi numerik dalam mata kuliah praktikum fisika. Secara spesifik tujuan penelitian ini adalah untuk 1) mendeskripsikan integrasi komputasi numerik dalam Pendidikan Fisika S-1 tanpa menggunakan bahasa pemrograman dan 2) mendeskripsikan integrasi pemodelan spreadsheet sebagai bagian komputasi numerik dalam mata kuliah praktikum fisika.

BAB II URAIAN KEGIATAN DAN METODE PENELITIAN

A. Uraian Kegiatan

Penelitian ini telah dilaksanakan pada mahasiswa Pendidikan Fisika FKIP UNS pada tahun ajaran 2015/2016 dan 2016/2017. Oleh karena itu kegiatan yang dilakukan adalah mereview lebih lanjut jurnal-jurnal yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan kemudian membuat makalah yang kemudian dipresentasikan dalam konferensi internasional.

B. Subyek dan Lokasi Penelitian

Subyek penelitian ini adalah mahasiswa semester IV Pendidikan Fisika FKIP UNS tahun ajaran 2015/2016 dan mahasiswa semester II Pendidikan Fisika FKIP UNS tahun ajaran 2016/2017. Penelitian dilakukan di Program Pendidikan Fisika FKIP UNS Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta.

C. Desain Penelitian

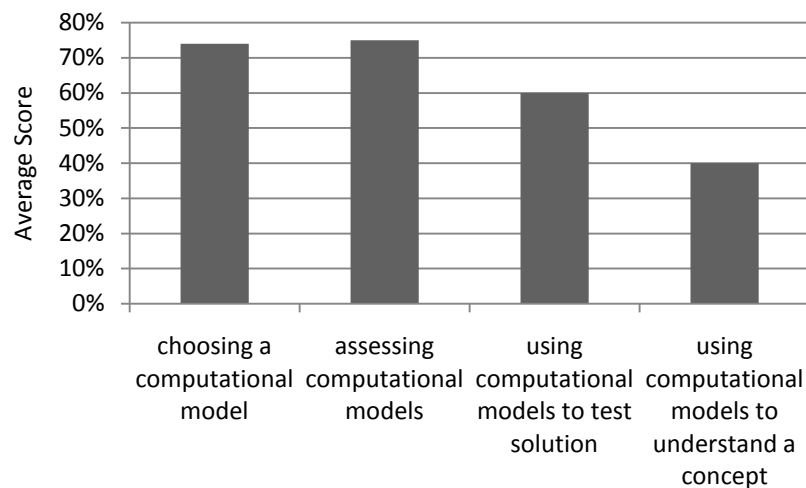
Penelitian ini direncanakan dilaksanakan dalam waktu satu tahun dengan desain penelitian studi kasus. Untuk mahasiswa semester II, penelitian difokuskan untuk mendeskripsikan integrasi pemodelan spreadsheet sebagai bagian komputasi numerik dalam mata kuliah praktikum fisika. Pada penelitian ini, peneliti mengkaji bagaimana penggunaan pemodelan spreadsheet dalam kuliah praktikum fisika dasar. Sedangkan mahasiswa semester IV, penelitian difokuskan untuk mendeskripsikan integrasi komputasi numerik dalam Pendidikan Fisika S-1 tanpa menggunakan bahasa pemrogram. Pada semester IV ini, peneliti mengkaji pelaksanaan mata kuliah pengantar komputasi numerik. Data pada penelitian ini diperoleh dengan teknik test dan wawancara. Data-data penelitian tersebut kemudian dieksplorasi lebih lanjut untuk mendeskripsikan lebih dalam tentang masalah yang dikaji.

BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Integrasi komputasi numerik ke dalam pembelajaran fisika

Berdasarkan penelitian sebelumnya, mengajarkan komputasi numerik sebaiknya menggunakan program komputer yang sudah familiar dan mudah dimengerti oleh mahasiswa. Oleh karena itu, langkah pertama yang ditempuh dalam mengajar komputasi numerik kepada mahasiswa adalah dengan mengetahui kemampuan mahasiswa untuk menggunakan spreadsheet excel. Berdasarkan hasil tes kemampuan mahasiswa menggunakan spreadsheet excel dapat disimpulkan bahwa mahasiswa dapat mengikuti pelatihan ini. Sebelum mahasiswa memulai pelatihan, kami memberi pelatihan tambahan untuk memberi mereka pemahaman yang lebih dalam tentang menentukan referensi sel, trendline, dan beberapa fungsi statistik dasar.

Pada penelitian ini, kami memfokuskan komputasi numerik dalam pemodelan dan simulasi pada fenomena gerak osilasi terutama osilasi non harmonic. Hasil tes kinerja dan pertanyaan esai, keterampilan pemodelan dan simulasi mahasiswa dapat disajikan pada gambar berikut.



Gambar 3.1. Nilai Rata-rata ketrampilan modeling dan simulasi

berdasarkan gambar 3.1 dapat dikemukakan bahwa 62% mahasiswa memiliki kemampuan untuk membuat model komputasi yang tepat. Ada 75% mahasiswa

yang dapat memilih model komputasi yang tepat, 75% mahasiswa mampu menilai model komputasi dengan benar, 60% mahasiswa dapat menggunakan model komputasi untuk menguji solusi dengan benar, dan 40% mahasiswa dapat menggunakan model komputasi untuk memahami sebuah konsep dengan benar. Pengamatan terhadap hasil karya mahasiswa menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa dapat memilih model komputasi dengan tepat. Hanya 25% mahasiswa yang memilih model komputasi yang salah, oleh karena itu, mahasiswa tidak dapat menilai model komputasi dan menguji solusinya.

Hasil tes menunjukkan bahwa mahasiswa mengerti bagaimana memilih pemodelan komputasi. Sebagian besar mahasiswa memilih metode Euler-Cromer sebagai solusi numerik osilator non harmonik. Mereka mengerti bahwa untuk osilator non harmonik metode Euler bukanlah pilihan yang baik karena metode Euler menghasilkan solusi yang tidak memenuhi hukum kekekalan energi. Hasil wawancara terhadap mahasiswa yang memilih metode Euler sebagai solusi numerik osilator nonharmonik menunjukkan bahwa mereka tidak mengerti bahwa untuk osilator non harmonik metode Euler bukanlah pilihan yang tepat. Berdasarkan wawancara tersebut, kami menyimpulkan bahwa banyak mahasiswa masih bingung dengan perbedaan metode Euler dan metode Euler-Cromer.

Menurut wawancara, kesulitan yang paling banyak terjadi saat mahasiswa harus melakukan komputasi ke dalam spreadsheet, melakukan iterasi untuk menilai model komputasi, dan menafsirkan hasilnya sebagai grafik untuk menemukan konsepnya. Para mahasiswa tidak mampu menguji model komputasi yang mereka buat karena mereka tidak dapat memilih nilai interval waktu yang tepat. Sebagian besar mahasiswa memilih nilai interval waktu yang terlalu kecil sehingga hasil iterasi yang dilakukan berdasarkan grafik tidak dapat menunjukkan nilai osilasi satu periode, akibatnya mereka tidak dapat menunjukkan bahwa pada osilator non harmonik periode gerak bergantung pada amplitudo.

Setelah mengikuti pelatihan ini, beberapa mahasiswa diwawancarai. Para mahasiswa mengatakan bahwa pelatihan ini sangat diminati. Sekitar 80% mahasiswa mengatakan bahwa setelah mengikuti pelatihan ini, mereka lebih tertarik pada fisika dan matematika dan hanya 20% mahasiswa yang mengatakan

bahwa mereka lebih menarik untuk fisika. Mereka mengatakan bahwa memecahkan osilasi teredam menggunakan metode numerik sangat menarik karena biasanya mereka hanya menghafal persamaan umum osilasi teredam dan solusi umumnya menggunakan metode analitik. Menurut mahasiswa, persamaan umum osilasi teredam sangat rumit, terlepas dari, mereka mengetahui bahwa persamaan umum osilasi teredam adalah persamaan diferensial homogen dari orde kedua namun mereka ragu dapat menyelesaikan persamaan dengan benar. Sebagian besar mahasiswa mengatakan bahwa menggunakan metode numerik sangat sederhana dan akurat untuk menemukan solusi osilasi teredam. Sebagian besar mahasiswa mengemukakan bahwa masalah yang menyangkut komputasi numerik harus dilengkapi dengan instruksi seperti interval waktu dan nilai masing-masing variabel soalnya.

Berdasarkan hasil wawancara, kami menyimpulkan bahwa sebagian besar mahasiswa sangat tertarik mengikuti kursus. Mereka mengatakan bahwa mereka mendapatkan pengetahuan baru bagaimana memecahkan masalah fisika kompleks seperti osilator non harmonik dengan menggunakan metode sederhana. Para mahasiswa mengatakan bahwa mereka mendapatkan pengalaman bagaimana mensimulasikan osilator non harmonic untuk menyelidiki karakteristik sistem. Temuan kami konsisten dengan penelitian sebelumnya (Serbanescu, Kushner, and Stanley (2011), Landau (2006) dan Landau (2007)). Sebagian besar mahasiswa yang memilih model komputasi yang salah mengatakan bahwa mereka masih bingung mengenai pentingnya komputasi numerik. Mereka mengatakan bahwa mereka tidak mendapatkan konsep baru dari pelatihan ini, mereka hanya mengenal konsep metode analitik. Berdasarkan hasil uji, kami menemukan bahwa sebagian besar mahasiswa yang memilih model komputasi salah juga membuat kesalahan dalam membuat grafik karena mereka tidak dapat memilih interval waktu yang tepat. Misalnya, ketika mereka diminta menyelidiki pengaruh amplitudo pada periode osilasi non harmonic, mereka membuat grafik amplitudo terhadap periode, atau membuat grafik amplitudo terhadap waktu kemudian menghitung periode. Temuan kami masih konsisten dengan penelitian sebelumnya (Landau (2006) dan Lingard (2003)). Oleh karena itu, untuk penelitian

selanjutnya, kami menyarankan untuk menyelidiki motivasi mahasiswa setelah mengikuti pelatihan komputasi numerik. Hal ini juga sangat penting untuk menyelidiki bagaimana melatih mahasiswa untuk memilih model komputasi yang tepat.

B. Penggunaan Pemodelan Spreadsheet dalam Praktik Laboratorium Fisika Dasar

Berdasarkan hasil pre tes dapat disimpulkan bahwa mahasiswa tidak memahami konsep persamaan diferensial. Mahasiswa salah mengartikan persamaan diferensial rangkaian RC, mereka menulis dy/dx bukan dQ/dt . Hasil wawancara menunjukkan bahwa mahasiswa berpikir bahwa persamaan diferensial dapat diselesaikan dengan menggunakan metode diferensiasi. Mahasiswa tidak dapat menggambarkan persamaan diferensial karena mereka belum mempelajari persamaan diferensial dalam mata kuliah kalkulus.

Fokus penelitian ini adalah untuk melatih mahasiswa bagaimana cara menyelesaikan persamaan diferensial menggunakan metode Euler dan menggunakan spreadsheet excel untuk melakukan simulasi. Excel spreadsheet digunakan untuk membuat simulasi karena para mahasiswa sudah menggunakan spreadsheet excel untuk menganalisis data percobaan. Setelah mahasiswa mengikuti kelas teoritis tentang rangkaian RC, tiga mahasiswa diminta melakukan eksperimen tentang rangkaian RC tanpa melakukan simulasi sebelumnya. Tujuan dari perlakuan ini adalah untuk mengetahui bagaimana mahasiswa mengintegrasikan konsep RC yang didapat di kelas untuk melakukan percobaan dalam praktik laboratorium. Kami menemukan bahwa mahasiswa melakukan eksperimen dengan ceroboh.

Hasil analisis pekerjaan mahasiswa menunjukkan bahwa mahasiswa tidak mengerti konsep pembuangan muatan kapasitor. Para mahasiswa hanya melakukan percobaan tanpa mempertimbangkan perilaku pembuangan muatan kapasitor yang diajarkan di kelas teoritis. Jika mahasiswa memahami konsep kapasitor pelepasan yang diwakili oleh persamaan diferensial, mereka akan memeriksa bahwa voltase $V_n > V_{n+1}$ mahasiswa akan mengulang mengambil data sampai mereka mendapatkan data yang memenuhi kriteria. Menurut

wawancara, dapat disimpulkan bahwa mahasiswa tidak menganggap konsep pemakaian kapasitor saat melakukan eksperimen, mereka hanya mengikuti instruksi eksperimen dan menggunakan voltmeter digital dengan ceroboh.

Setelah menyelesaikan pelatihan pemodelan spreadsheet menggunakan metode Euler, semua mahasiswa diminta melakukan simulasi sebelum melakukan percobaan. Para mahasiswa membuat simulasi pemuatan dan pengisian kapasitor menggunakan pemodelan spreadsheet. Mereka menggunakan metode Euler sebagai pemodelan spreadsheet. Dalam simulasi, mereka menggunakan nilai resistor, kapasitor, dan catu daya yang sama yang akan digunakan dalam eksperimen. Mahasiswa menggunakan $R = 4,7 \text{ k}\Omega$, $C = 470 \text{ }\mu\text{F}$, dan $\varepsilon = 8,5 \text{ volt}$ dalam simulasi menggunakan spreadsheet excel dan percobaan laboratorium. Dalam melaporkan praktik laboratorium, mahasiswa membandingkan simulasi dan percobaan berbasis data. Kami menemukan bahwa sebagian besar mahasiswa hanya memberi perhatian lebih pada data eksperimen dan mengabaikan simulasi tersebut. Mereka menulis bahwa data percobaan sesuai dengan simulasi setelah 10 detik. Hanya sedikit mahasiswa yang menganalisis perbedaan antara simulasi dan eksperimen. Menurut para siswa, data yang kurang dari 10 detik sulit didapat karena laju perubahan voltase yang terlalu cepat, data stabil setelah 10 detik. Berdasarkan hasil wawancara, dapat disimpulkan bahwa simulasi menggunakan pemodelan spreadsheet membantu mahasiswa dalam melakukan percobaan. Mereka mengatakan bahwa kursus itu menarik. Para mahasiswa mampu melakukan percobaan dengan cermat untuk mendapatkan datanya secara akurat dan tepat. Mereka mengatakan bahwa menggunakan pemodelan spreadsheet membantu mereka menyelesaikan persamaan diferensial lebih mudah daripada menggunakan metode matematika biasa. Para mahasiswa mengatakan bahwa mereka mengerti tentang metode Euler, namun mereka memiliki masalah saat menulis metode Euler ke dalam spreadsheet. Terlepas dari mahasiswa yang terbiasa menggunakan spreadsheet untuk menganalisis data eksperimen, namun kebanyakan mereka merasa sulit melakukan metode Euler ke dalam spreadsheet.

Menurut hasil tes, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar mahasiswa memahami konsep pemuatan dan pengisian kapasitor setelah mengikuti

pelatihan. Mereka mampu menjelaskan konsep penting persamaan diferensial pada rangkaian RC. Mereka menulis jawaban yang benar bahwa dalam pengisian kapasitor, perbedaan potensial resistor menurun secara tepat terhadap hukum Ohm dan perbedaan potensial kapasitor menurun secara tepat ke Q / C . Mereka menulis bahwa muatan (Q_i) dan arus I_i memiliki efek kausal, muatan dalam kapasitor meningkat yang disebabkan oleh muatan yang mengalir ke kapasitor. Lebih dari 80% mahasiswa memberikan jawaban yang benar bahwa jika arus meningkat, muatannya akan meningkat juga, fenomena ini sesuai dengan teori yang saat ini sebagai tingkat perubahan muatan. Hanya 50% mahasiswa yang mampu memberikan jawaban yang benar bahwa pada kondisi awal pengisian kapasitor, $Q = 0$ dan $I = \varepsilon / R$.

Berdasarkan hasil wawancara, kami menyimpulkan bahwa sebagian besar mahasiswa sangat tertarik mengikuti kursus. Mereka mengatakan bahwa mereka mendapatkan pengetahuan baru untuk membuat simulasi menggunakan pemodelan spreadsheet. Mereka mengatakan bahwa menggunakan spreadsheet dalam kursus ini sangat menarik karena mereka terbiasa dengan spreadsheet sehingga mereka tidak perlu mempelajari program baru untuk melakukan simulasi. Temuan kami mendukung penelitian sebelumnya bahwa penggunaan spreadsheet membuat mahasiswa aktif membuat simulasi sendiri adalah pilihan terbaik untuk mengajarkan perhitungan (Landau (2006)). Pada penelitian sebelumnya, terutama di SMA, persamaan diferensial dipecahkan dengan metode Euler menggunakan pemodelan spreadsheet (Benacka (2016) , Lingard (2003) dan Benacka (2008)). Dalam penelitiannya, para mahasiswa hanya perlu menggunakan simulasi, mereka tidak perlu melakukan simulasi sendiri. Hasil penelitian ini menyelesaikan penelitian sebelumnya. Oleh karena itu, untuk penelitian selanjutnya, kami menyarankan untuk menyelidiki bagaimana melatih mahasiswa untuk membuat perhitungan berdasarkan metode numerik di lingkungan spreadsheet. Hal ini juga sangat penting untuk menyelidiki bagaimana mahasiswa menggabungkan simulasi dan praktik laboratorium untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik.

BAB IV KESIMPULAN

Berdasarkan analisis penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa :

1. Komputasi numerik dapat diintegrasikan dalam pembelajaran fisika dengan menggunakan spreadsheet excel dikombinasikan dengan kursus lain. Hasil penelitian ini menjadi pelengkap kajian tentang bagaimana memadukan komputasi numerik dalam pembelajaran fisika bagi mahasiswa yang belum menguasai bahasa pemrograman.
2. Pemodelan spreadsheet dapat diintegrasikan dengan praktik laboratorium. Para mahasiswa memberikan persepsi positif terhadap pelatihan ini dan meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam memahami konsep umpan balik yang secara matematis dinyatakan dalam persamaan diferensial. Hasil penelitian ini menjadi pelengkap kajian tentang bagaimana mengintegrasikan dalam praktik fisika pembelajaran di laboratorium menggunakan pemodelan spreadsheet bagi mahasiswa yang belum menguasai persamaan diferensial.

DAFTAR PUSTAKA

- Aiken, J.M. (2013) Transforming high school physics with modeling and computation. *Physics and Astronomy Theses Department of Physics and Astronomy*. Retrieved from http://scholarworks.gsu.edu/phy_astr_theses.
- Benacka J 2016 *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education* 12(4) 947-964
- Benacka J 2008 *Spreadsheets in Education (eJSiE)* 2(3) 289-298
- Buffler, A. Pillay, S. Lubben, F. dan Fearick, R. (2007). A model-based view of physics for computational activities in the introductory. *American Journal of Physics*. 76 (4 &5): 431--437
- Chabay, R and Sherwood, B.(2008). Computational physics in the introductory calculus-based course,” *Am. J. Phys.* 76(4/5), 307–313.
- Chonacky, N dan Winch,D. (2008). Integrating computation into the undergraduate curriculum: A vision and guidelines for future developments,” *Am. J. Phys.* 76(4/5), 327–333.
- Fuller, R. (2006). Numerical computations in U.S. undergraduate physics courses, *Comput. Sci. Eng.* 8(5), 16–21.
- Gould, H and Tobochnik, J. (2001). Integrating computation into the physics curriculum. in *ICCS 2001*, edited by V. N. Alexandrov et al (Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 2001).
- John M. Aiken, Marcos D. Caballero, Scott S. Douglas, John B. Burk, Erin M. Scanlon, Brian D. Thoms, Michael F. Schatz .2012. Understanding Student Computational Thinking with Computational Modeling. *AIP Conf. Proc.* 1513, pp. 46-49.
- Johnston,M. (2006). Implementing curricular change. *Comput. Sci. Eng.* 8(5),32–37.
- Jonassen, D.(1998). Computer as mindtools for engaging learners in critical thinking. *TechTrends*, 43(2). 24-32. Doi: 10.1007/BF02818172
- Landau R (2006) *Computing In Science & Engineering* 8(5) 22-30
- Landau R 2006 *Computing in Science & Engineering* 8(5) 22-30
- Landau R (2007) *Comput. Phys. Commun* 177 191–196
- Landau, R. (2008). Computational physics education: why, what and how. *Comput. Phys. Commun.* 177, 191–196.
- Landau, R. 2012.Computational Physics A better Model For Physics Education. *Computing in Sciences and Engineering*.Doi:1521-9615/06.
- Lingard M (2003) *Physics Education* 38(5) 418–422
- Lingard M 2003 *Physics Education* 38(5) 418-422
- Marcos. John, Scott. 2006. Integrating Numerical Computation into the Modeling Instruction Curriculum. <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1207/1207.0844.pdf>
- Ross, K.R. (2006) “An incremental approach to computational physics education,” *Comput. Sci. Eng.* 8(5), 44–50.
- Serbanescu R, Kushner PJ, and Stanley S (2011) *American Journal of Physics* 79(9) 919-924

-
- Serbanescu, R, Kusher, P.J, dan Stanley, S. (2011). Putting computation on a par with experiments and theory in the undergraduate physics curriculum. *American Journal of Physics*. 79 (9): 919-924.
- Spencer, R.L. (2005). Teaching computational physics as a laboratory sequence,” *Am. J. Phys.* 73(2), 151–153.
- Tobochnik, J and Gould,H. (2001). Teaching computational physics to undergraduates,” in *Annual Reviews of Computational Physics IX*, edited by D. Stauffer (World Scientific, Singapore,).
- Weintrop,D., Beheshti,E., Horn,M., Orton,K., Jona,K,, Trouille,L., Wilensky,U.(2014) Defining Computational Thinking for Science, Technology, Engineering, and Math. 16 June 2016. ccl.northwestern.edu/2014/CT-STEM_AERA_2014.pdf.

FORMULIR CAPAIAN PROGRESS LUARAN KEGIATAN PENELITIAN/ PENGABDIAN

Nama Ketua Pelaksana : Ahmad Fauzi, M.Pd.
 Unit Kerja : FKIP/Pendidikan Fisika
 Skema P2M : Hibah Peneliti Utama Sebagai Rujukan Hibah MRG-UNS (PUT-MRG)
 Judul Usulan : Integrasi Komputasi Numerik Dalam Kurikulum Pendidikan Fisika
 S-1 Tanpa Penggunaan Bahasa Pemrograman
 Usulan Tahun ke : 1 dari rencana 1 tahun

Luaran Yang Direncanakan Dan Capaian Yang Tertulis Dalam Proposal Awal

No	Luaran yang direncanakan	Progress capaian luaran
1.	Jurnal internasional bereputasi	Dibatalkan, disubmit ke international conference
2.	Publikasi pada prosiding internasional terindeks scopus	In review
3.		
4.		
dst		

(Lampirkan bukti-bukti luaran dari kegiatan dengan judul yang tertulis diatas,
 BUKAN dari kegiatan penelitian/ pengabdian dengan judul lain sebelumnya)

A. JURNAL

	Keterangan
Artikel Jurnal Ke-1*	
Nama jurnal yang dituju	
Klasifikasi jurnal	Jurnal Nasional Terkreditasi/Jurnal Internasional
<i>Impact factor</i> jurnal	
Judul artikel	
Status Naskah	
- Draf artikel	
- Sudah dikirim ke jurnal	
- Sedang ditelaah	
- Sedang direvisi	

- Revisi sudah dikirim ulang	
- Sudah diterima	
- Sudah terbit	

* Jika masih ada artikel ke-2 dan seterusnya, uraikan pada lembar tambahan.

B. BUKU AJAR

Bukuke-1
Judul:
Penulis:
Penerbit:

* Jika masih ada buku ke-2 dan seterusnya, uraikan pada lembar tambahan.

C. PEMBICARAPADAPERTEMUAN ILMIAH (SEMINAR/SIMPOSIUM)

	Nasional	Internasional
Judul Makalah		Integrating numerical computation into the undergraduate education physics curriculum using spreadsheet excel
NamaPertemuan		International Conference on Science and Applied
Tempat Pelaksanaan		Lor in Hotel, Solo, Indonesia
Waktu Pelaksanaan		29 Juli 2017
- Sudah dikirim		✓
- Sedang direview		✓
- Sudah dilaksanakan		✓

	Nasional	Internasional
Judul Makalah		Using Spreadsheet Modelling in Basic Physics Laboratory Practice for Physics Education Curriculum Undergraduate
NamaPertemuanI		International Conference on Science and Applied
Tempat Pelaksanaan		Lor in Hotel, Solo, Indonesia
Waktu Pelaksanaan		29 Juli 2017
- Sudah dikirim		✓
- Sedang direview		✓
- Sudah dilaksanakan		✓

Jika masih ada pertemuani lmiah ke 2 dan seterusnya uraikan pada lembar tambahan.

D. SEBAGAI PEMBICARA KUNCI(KEYNOTE SPEAKER)

	Nasional	Internasional
- Bukti undangan dari Panitia		
-Judul makalah		
- Penulis		
- Penyelenggara		
- Waktu Pelaksanaan		
- Tempat Pelaksanaan		
- Sudah dikirim		
- Sedang direview		
- Sudah dilaksanakan		

* Jika masih ada undangan ke-2 dan seterusnya, uraikan pada lembar tambahan.

E. UNDANGAN SEBAGAI VISITING SCIENTIST PADAPERGURUAN TINGGI LAIN

	Nasional	Internasional
- Bukti undangan		
- Perguruan tinggi pengundang		
- Lama kegiatan		
- Kegiatan penting yang dilakukan		

*Jika masih ada undangan ke-2 dan seterusnya, uraikan pada lembar tambahan.

F. CAPAIAN LUARAN LAINNYA

HKI	(Uraikan status kemajuan mulai dari pengajuan sampai "granted")
TEKNOLOGI TEPAT GUNA	(Uraikan siapa masyarakat pengguna teknologi yang dimaksud)
REKAYASA SOSIAL	(Uraikan kebijakan publik yang sedangatau sudah dapat diubah)
JEJARING KERJA SAMA	(Uraikan kapan jejaring dibentuk dan kegiatannya sampai saat ini, baik antarpemeliti maupun antarlembaga)
PENGHARGAAN	(Uraikan penghargaan yang diterima sebagai peneliti, baik dari pemerintah atau asosiasi profesi)
LAINNYA (Tuliskan)	

Jika luaran yang direncanakan tidak tercapai, uraikan alasannya:

Pada penyusunan proposal penelitian, sesuai isian di IRIS luaran penelitian HIBAH PENELITI UTAMA (PUT-UNS) sebagai rujukan HIBAH *MAINTENANCE RESEARCH GROUP* (MRG-UNS) diperbolehkan jurnal internasional bereputasi atau prosiding ilmiah terindeks scopus. Dikarenakan terbatasnya makalah yang dapat dimuat dalam jurnal diajukan dalam proposal penelitian ini, dari web resmi jurnal target awal diperoleh informasi bahwa tidak ada makalah yang dikirimkan/direview akan dipublikasi pada bulan Juli dan November 2017, maka luaran penelitian ini diseminarkan dalam konferensi internasional dengan luaran prosiding ilmiah terindeks scopus.

Surakarta, Oktober 2017

Ketua Pelaksana



Ahmad Fauzi, M.Pd.

NIP 197902052003121001

Lampiran 1: Bukti sertifikat pemakalah



**Lampiran 2 : Makalah 1 yang Diikutkan dalam International Conference on
Science and Applied Science 2017**

**Integrating numerical computation into the undergraduate
education physics curriculum using spreadsheet excel**

Ahmad Fauzi¹

Physics Education Department of Sebelas Maret University,
Jl. Ir. Sutami 36A Kentingan Jebres Surakarta 57126, INDONESIA

E-mail: fauziuns@gmail.com

Abstract. Numerical computation has many pedagogical advantages: it develops analytical skills and problem-solving skills, helps to learn through visualization, and enhances physics education. Unfortunately, numerical computation is not taught to undergraduate education physics students in Indonesia. Incorporate numerical computation into the undergraduate education physics curriculum presents many challenges. The main challenges are the dense curriculum that makes difficult to put new numerical computation course and most students have no programming experience. In this research, we used case study to review how to integrate numerical computation into undergraduate education physics curriculum. The participants of this research were 54 students of the fourth semester of physics education department. As a result, we concluded that numerical computation could be integrated into undergraduate education physics curriculum using spreadsheet excel combined with another course. The results of this research become complements of the study on how to integrate numerical computation in learning physics using spreadsheet excel.

1. Introduction

Physics as a product of science is formed based on a series of observations of natural laws which are generally presented in a mathematical equation. In introductory physics courses, students are usually hampered by their lack of mathematical tools such as in constructing a mathematical equation of physical system and interpreting a graph that may cause difficulties for students to understand the physical system [1,2].

The method used to solve a problem of physics is an analytic method, but the more complex problem that must be solved required a certain numerical method. Along with the development of science and technology, in the arrangement of mathematical models (modeling) and numerical techniques usually use computer (numerical computation) help to analyze and solve various problems by using visualization and simulation techniques. Numerical computation gives pedagogical advantages, including the development of numerical problem-solving skills, modeling and visualization of physical systems [3]. Numerical computation is needed by physics graduates as they work, but many researches have shown that the students are unprepared with computational skills [4,5]. In addition to being required in workplace, numerical computation also required to be taught in the classroom learning process because numerical computation can provide various pedagogy advantages such as being able to develop analytical skills, facilitate learning through simulation and visualization of various systems and physical phenomena and improve the quality of physics education [6,5].

One of the advantages of numerical computational is to demonstrate more realistic natural phenomena by analyzing the various factors that must be analyzed, where these

factors are usually ignored in analytical methods with consideration to make analysis easier. Numerical computation can provide students with opportunities to learn based on the paradigm of solving problems more effectively and efficiently than traditional learning [3]. Unfortunately, teaching numerical computations to undergraduate physics students is still a challenge [7,2].

The pedagogical advantages of using numerical computation in physics education are modeling and simulating. Therefore, students should begin to practice developing models of physical phenomena (modeling skill) and using computers to simulate their physical problems in studying physics process (simulation skill). The modeling and simulating skills consist of several categories: choosing a computational model, assessing computational models, using computational models to test solution, and using computational models to understand a concept [8]. The advantages of using computer in physics education should not be realized by simply giving computational problems, beside students achieve the correct numerical solution, their understanding about the physical system on which the problem is based must increase [9].

Various researches were conducted to find the best way of teaching numerical computation to undergraduate physics students. In reality, however, in many cases that occur in many universities, due to the dense curricula, it is almost impossible to teach numerical computation as a course with its own credit [2]. Various efforts have been done to overcome this problem, such as by integrating numerical computation in basic physics courses combined with lab activities in the laboratory equipped with material resources on the web [2] and providing additional training in mechanics courses and thermodynamics [7]. Doing numerical computation, students need programming experience. Unfortunately, many studies found that most of the students have no programming experience [9]. To overcome this problem, some researchers chose to use easy and free programming languages like Vpython or paid programming languages like Origin and IGOR. However, the use of paid programming languages such as Origin and IGOR also cause problems because students just using ready-made programs, students may assume that numerical computation as black boxes that they do not understand. Therefore, the use of programs that require students to actively make their own computation is the best choice [3].

One of the main obstacles in teaching numerical computation is the language of certain programmers that must be mastered by students. One effort that can be done to help students learn numerical computation without having programming language is by using spreadsheet excel. Spreadsheet excel is selected based on the fact that almost all students have been studied it and the program is also installed on their owned computer. Spreadsheet excel can be used to simulate and visualize various physical phenomena either with analytic or numerical methods without the need for difficult mastery of programming languages [10,11,1].

There were many researches about numerical computation on high school students or collage students who have not mastered programming languages. As a result, numerical modeling used spreadsheet excel can be used to improve interest and positive contribution towards the students' knowledge [10,12]. In that research, the students guided to train their computational skill by proctored program that will give students a clear instruction. The main trained skills are to recite problem of words into programming tasks, identifying, and updating the input variables.

The case of non harmonic oscillation such as damped oscillation show dynamic system usually described by differential equations. Students must master in calculus to solve the differential equation. In order to make the system easier, the differential equation can be replaced by finite difference method [13]. The damped oscillation can be

taught easily use analytical method by exploring graph facilities of spreadsheet excel without using numerical method [14]. Based on that former researches, in this research, we developed a study that allows students to create their own numerical modeling using spreadsheets excel to solve various physical phenomena to improve students' modeling and simulations skills.

In simple harmonic oscillation, the period does not depend on the amplitude. When the period of oscillation depends on the amplitude, the oscillation is non harmonic oscillation. The real-world oscillation systems always have some dissipative forces, and oscillation will decrease in amplitude and stop. This phenomena is called damped oscillation. The assumption of damped oscillation is the fractional damping force proportional to the velocity of the oscillating body. This behavior occurs in friction involving viscous fluid flow, such as sliding between oil and lubricated surfaces. If the force on the body due to friction $F_x = -b v_x$ where v_x is the velocity and b is a constant that describes the strength of the damping force. Using the Newton's second law, the net force of the body is

$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= -bv_x - kx \\ m \frac{d^2x}{dt^2} &= -b \frac{dx}{dt} - kx \end{aligned} \quad (1)$$

or

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{-b}{m} \frac{dx}{dt} - \frac{k}{m} x \quad (2)$$

Equation (2) can be written as

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{b}{m} \frac{dx}{dt} + \frac{k}{m} x = 0 \quad (3)$$

Equation (3) is a differential equation for x . The general solution of equation (3) is

$$x = Ae^{-\left(\frac{b}{2m}\right)t} \cos(\omega' t + \phi) \quad (4)$$

Where ω' refers to

$$\omega' = \sqrt{\frac{k}{m} - \left(\frac{b}{2m}\right)^2} \quad (5)$$

The value of ω' is not constant, but depend on b . If the $\frac{k}{m} = \left(\frac{b}{2m}\right)^2$ its refers to critical damping, if $\frac{k}{m} > \left(\frac{b}{2m}\right)^2$ its refers to under damping, and if $\frac{k}{m} < \left(\frac{b}{2m}\right)^2$ its refers to over damping.

The equation (3) can be solved numerically by using Euler-Cromer method. The equation (3) can be rearrange to

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{-b}{m} \frac{dx}{dt} - \frac{k}{m} x \quad (6)$$

Based on the definition $\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{dv}{dt}$ and $\frac{dx}{dt} = v$ then

$$\frac{dv}{dt} = \frac{-b}{m} \frac{dx}{dt} - \frac{k}{m} x \quad (7)$$

The numerical solution of equation (3) then

$$v_{i+1} = v_i - \frac{b}{m} v_i \Delta t - \frac{k}{m} x_i \Delta t \quad (8)$$

and

$$x_{i+1} = x_i + v_{i+1} \Delta t \quad (9)$$

Based on equation (8) and (9) the characteristic of damped oscillation can be investigated by creating a simulation and then choosing the right value of v , b , k and m .

2. Methodology

The participants of this research were 54 students of the fourth semester of physics education department of Sebelas Maret University in the 2015/2016 academic year. In the second semester, the students have studied how to make physics learning media using spreadsheet excel. Therefore in preliminary this course, we focus to train students using spreadsheet excel to solve various physics problem using the analytical method. In this course, the students tried to solve problems of one or two-dimensional motion used spreadsheet excel with analytical analyze. We also asked students to visualize beat phenomena using spreadsheet excel. In this lecture, the students must define the dependent and independent variable of beat phenomena; then they must explore the variables relationship. We found that the majority of students were able to visualize beat phenomena correctly. Students wrote simple programs to compare the motion of a ball in free fall and motion of ball under gravity and air drag, projectile motion by ignored air drag and projectile motion under air drag. The students also learned oscillation/periodic motion with the analytical approach. It was followed by teaching computational modeling using Euler and Euler-Cromer. In this course, students also had to work on the same problem with analytical and numerical analysis, then students were asked to compare the accuracy of numerical and analytical solution. Thus, students would be able to determine the most appropriate numerical method to solve various cases.

In this research, we focused numerical computation in modeling and simulations skills. We divide modeling and simulations skills in several categories: choosing a computational model, assessing computational models, using computational models to test solution, and using computational models to understand a concept. Students' numerical computational skills were assessed using performance test, essay question and interview. First, student developed a computational model by using a spreadsheet excel. In this assessment, students must create a computational model and write it correctly in a spreadsheet. Students continued to do a second assessment by answering several essay questions. The essay question was intended to determine how students correlate the computational model to asses computational models, use computational models to test solution, and use computational models to understand a concept.

3. Result and Discussion

3.1. Result

Based on previous research, teaching numerical computations should use computer program which is familiar and easy to understand by students. Therefore, the first step taken in teaching numerical computing to students is to know the students' ability to use spreadsheet excel. The students' ability in using spreadsheet program is presented in the following table.

Table 1. Students' ability to use spreadsheets excel

No	Indicators	Average (maximum score 4)	Score
1	Operating spreadsheet excel program	3,7	
2	Defining independent and dependent variable	3,7	
3	Defining cell reference	3,3	
4	Writing simple mathematics equation	3,7	
5	Writing more complex mathematics equation	3,7	
6	Making a table	3,7	
7	Copying data	3,7	
8	Making a graph	3,7	
9	Defining <i>slope</i>	3,7	
10	Using trendline	3,3	
11	Converting various physics units	3,7	
12	Using basic statistical function	3,3	

Based on table 1, we concluded that the students will able follow this course. Before students start the course, we gave additional course to give them a deeper understanding about defining cell reference, trendline, and some basic statistical function.

In this research, we focused numerical computation in modeling and simulation on oscillatory motion phenomena especially non harmonic oscillation.

Problem 1:

For simple harmonic motion, the general form for the equation is

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -kx^\alpha$$

When $\alpha=k=1$ the equation refers to simple harmonic motion, but when $\alpha=3$ and $k=1$ the equation refers to non harmonic oscillator. Find the numerical solution of non harmonic oscillation, then simulate the motion and show that the period of the motion depends on the amplitude.

Problem 2:

A non harmonic oscillation consist of a spring mounted horizontally, attached a 1 kg body and pull of distance 20 cm and release it. If the spring constant is 8 N/m and $b=0,23$. a) Analyze the oscillation used precise numerical method to show critical damping, overdamping, and underdamping oscillation, b) Investigate the effect of b to the period and amplitude the oscillation. You may take $b=0,1$ and $b=0,25$.

According to performance test and essay questions, the students' modeling and simulations skills can be presented in figure 1.

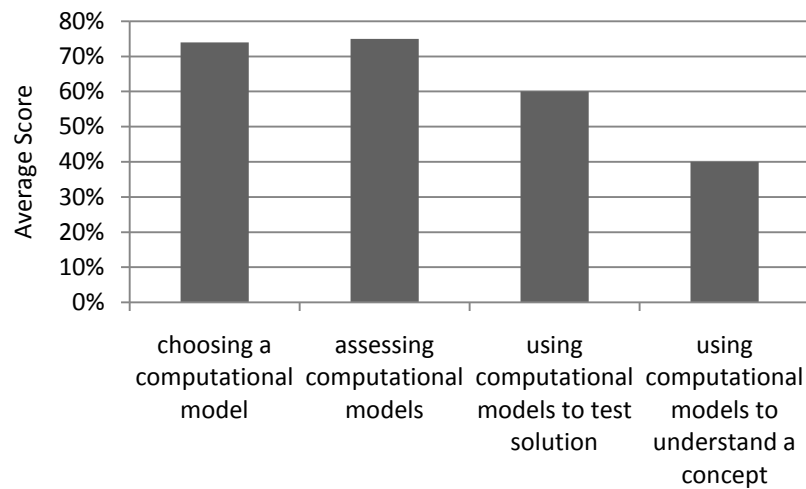


Figure 1. The average score of modeling and simulations skills

There were 62% of students have able to create a precise computational model. There were 75 % students able to choose a precise computational model, 75% students were able to asses computational models correctly, 60% students were able to use computational models to test solution correctly, and 40% students were able to use computational models to understand a concept correctly. The observation of students' work showed that most students were able to choose computational model appropriately. Only 25% students choose a wrong computational model, consequently, the students will not be able to assess computational model and test the solution. The examples of the wrong and right computational model done by students shown in figure 2 and 3.

$$\begin{aligned}
 \frac{d^2x}{dt^2} &= -kx \text{ pada } k=1 \text{ dan } \alpha=3 \\
 \frac{dx}{dt^2} &= -x^3, \text{ mengingat } \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \text{ dan } \frac{dx}{dt} = v \\
 \frac{dv}{dt} &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{v(t+\Delta t) - v(t)}{\Delta t} = -x^3 \\
 v(t+\Delta t) &= v(t) - x^3 \Delta t \Rightarrow v_{i+1} = v_i - x_i^3 \Delta t \\
 \frac{dx}{dt} &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x(t+\Delta t) - x(t)}{\Delta t} = v(t) \\
 x(t+\Delta t) &= x(t) + v(t) \cdot \Delta t \\
 x_{i+1} &= x_i + v_i \cdot \Delta t \\
 \text{Karena pada kasus ini tidak berlaku} & \\
 \text{hukum kekekalan energi, maka digunakan} & \\
 \text{metode Euler-Cromer, Sehingga} & \\
 v_{i+1} &= v_i - x_i^3 \Delta t \\
 x_{i+1} &= x_i + v_{i+1} \Delta t
 \end{aligned}$$

Figure 2. Snapshot of right computational model

$$\begin{aligned}
\frac{d^2 x}{dt^2} &= -k x^\alpha \text{ jika } k=1 \text{ dan } \alpha=3 \\
\frac{d^2 x}{dt^2} &= x^3 \text{ karena } \frac{dv}{dt} = -k x^\alpha \\
\frac{dv}{dt} &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{V(t+\Delta t) - V(t)}{\Delta t} = -x^3 \\
V(t+\Delta t) &= V(t) - x^3 \Delta t \text{ atau } V_{i+1} = V_i - x_i^3 \Delta t \\
\text{Mengingat } \frac{dx}{dt} &= V \text{ maka} \\
\frac{dx}{dt} &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x(t+\Delta t) - x(t)}{\Delta t} = V \\
\frac{x(t+\Delta t) - x(t)}{\Delta t} &= V(t) \\
x(t+\Delta t) &= V(t) + x(t) \Delta t \\
x_{i+1} &= V_i + x_i \Delta t
\end{aligned}$$

Figure 3. Snapshot of wrong computational model

Based on figure 2 and 3, the students actually understood how to choose a computational modeling. In figure 2, the students chose Euler-Cromer method as the numerical solution of the non harmonic oscillator. They understood that for non harmonic oscillator the Euler method is not good choice because the Euler method yielded solution that did not quite conserve energy. In figure 3, the students chose Euler method as the numerical solution of the non harmonic oscillator. They did not understand that for non harmonic oscillator the Euler method is not good choice. Based on the interview, we conclude that many students still confused the difference between Euler method and Euler-Cromer method.

According to interview, the most difficulties occurred when students must perform the computational model into spreadsheet environment, performing iterations to assess computational model, and interpreting the results as a graph to find the concept. The difficulties are shown in figure 4.



Figure 4. Snapshot the simulation of inaccurate time step (Δt) cause incomplete one-period oscillation

The students are incapable to test the computational models they have made because they couldn't choose the right time step value. It showed on their simulation. Most of the students chose too small time step value, so that the results of iterations performed based on graphs can not show the value of one period oscillation, consequently

they have unable to show that in non harmonic oscillator, the period of motion depends to amplitude.

Problem number 2 were tested to students after lecturer and students discussed the problem number 1. Based on the mistake done by students in doing problem number 1, problem number 2 were completed with instruction such as the value of mass, spring constant, amplitude, and time step value.

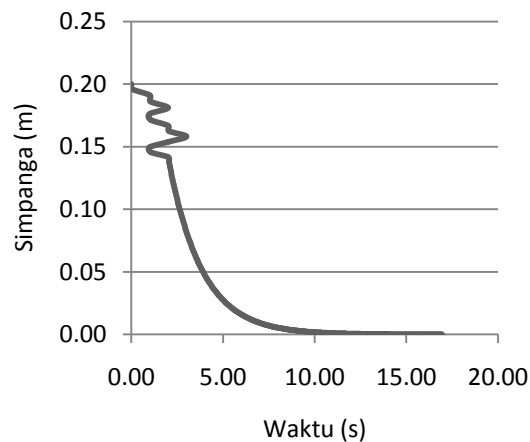


Figure 5. Snapshot the wrong simulation of overdamping

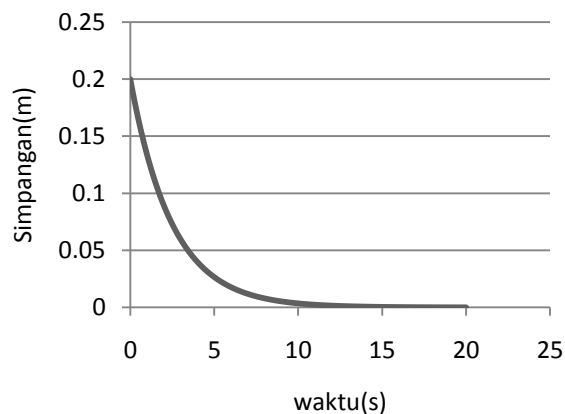


Figure 6. Snapshot the right simulation of overdamping

Based on the student's answer to problem number 2, it can be concluded that all students chose Euler-Cromer method to solve the problem. Over than 80% students were able to simulate damping oscillation using spreadsheet excel. The wrong and right simulation of over damping shown in figure 5 and 6. Figure 5 shows the wrong simulation of over damping. According to the test review, the students made mistake in calculating time after $t = 3$ s, the students wrote $t = 2$ s, 1 s, 1,05 s nor $t = 3,05$ s, 3,1s, 3,15, consequently the simulation was wrong. Based on the interview, it can be concluded that the mistake caused by mistyping the value of time. The students type the number manually, they forgot to use formula of cell reference in this case.

Numerical computation use spreadsheet excel gave students chance to investigate the characteristic of non harmonic oscillation. Most of the students were able to

investigate the effect of b to the period and amplitude the oscillation. They made computation that compared the under damping oscillation at $b = 0,1$ and $0,25$ then represent the computation into graph. In spite of almost students made the simulation correctly, only 40 % students were able to describe the graph correctly. The simulation and the analyze of students are shown in figure 7 and 8.

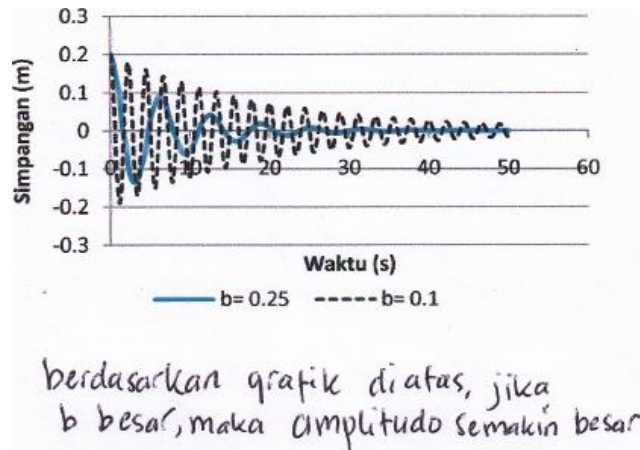


Figure 7. Snapshot of wrong analyze

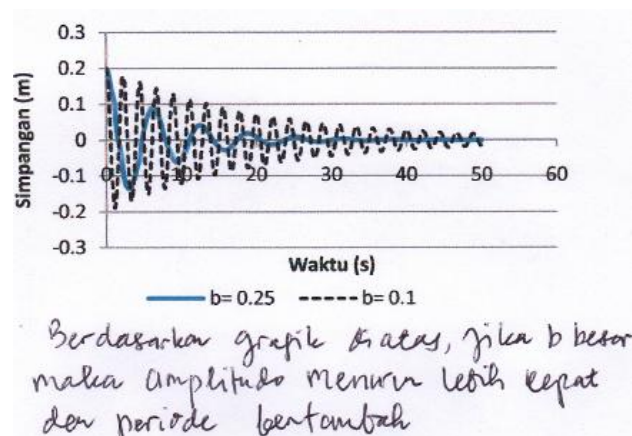


Figure 8. Snapshot of correct analyze

About 40% students said that larger b caused greater damping where the period decrease, 20 % students said that larger b caused the amplitude increase, and only 40% students said that larger b caused larger damping where the amplitude decrease more rapidly and the period increases.

After following this course, some students were interviewed. The students said that this course very interested. About 80% of students said that after following this course, they more interesting to physics and mathematic and only 20% students said that they more interesting to physics. They said that study to solve damped oscillation use numerical method is very interesting because usually they just memorize the general equation of damped oscillation and its general solution used analytical method. According to students, general equation of damped oscillation is very complicated, in spite of they know that the general equation of damped oscillation is a homogeneous differential equation of the second order but they were doubt able to solve the equation

correctly. Most of students said that use numerical method is very simple and accurate to find the solution of damped oscillation. Most of students suggested that the problem involved numerical computation should be completed by instruction such time step and the value of each variable the problem.

3.2. Discussion

Based on the interview, we conclude that most students very interested to follow the course. They said that they got new knowledge how to solve a complex physics problem such as non harmonic oscillator using simple method. The students said that they get the experience how to simulate non harmonic oscillator to investigate the characteristic of the system. Our finding is consistent with previous research [2,3,5]. Most of the students that chose wrong computation model said that they still confuse about the importance of numerical computation. They said that they do not get a new concept from this course, they just know the concept from analytical method. Based on test performance, we found that most of students that chose wrong computation model also make a mistake in creating a graph because they couldn't choose the right increment value. For example, when they asked to investigate the effect of amplitude to the period of non harmonic oscillation they make a graph of amplitude versus period, nor make a graph of amplitude versus time then calculate the period. Our finding is still consistent to previous research [5,11]. Therefore, for the next research we advice to investigate the motivation of students after following numerical computation course. It is also very important to investigate how to train students to choose the precise computational model.

3.3. Conclusion

We concluded that numerical computation could be integrated into undergraduate education physics curriculum using spreadsheet excel combined with another course. The results of this research become complement of the study on how to integrate numerical computational in learning physics for students who have not mastered programming languages.

References

- [1] Fauzi A 2016 Proceeding of International Conference on Teacher Training and Education (ICTTE) FKIP UNS 2015. Vol 1 (1) p 290
- [2] Serbanescu R, Kushner PJ, and Stanley S 2011 *American Journal of Physics* **79**(9) 919-924
- [3] Landau R 2006 *Computing In Science & Engineering* **8**(5) 22-30
- [4] Fuller R 2006 *Comput. Sci. Eng* **8**(5) 16-21
- [5] Landau R 2007 *Comput. Phys. Commun* **177** 191-196
- [6] Chabay R and Sherwood B 2008 *Am. J. Phys* **76**(4/5) 307-313
- [7] Ross KR 2006 *Comput. Sci. Eng* **8**(5) 44-50
- [8] Weintrop D, Beheshti E, Horn M, Orton K, Jona K, Trouille L, & Wilensky U 2016 *Journal of Science Education and Technology* **25**(1) 127-147
- [9] Buffler A, Pillay S, Lubben F, dan Fearick R 2007 *American Journal of Physics* **76** (4&5) 431-437
- [10] Benacka J 2016 *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education* **12**(7) 947-964
- [11] Lingard M 2003 *Physics Education* **38**(5) 418-422
- [12] Caballero M D, Kohlmyer M A, & Schatz M F 2012 AIP Conference Proceedings 1413 p 15
- [13] Benacka J 2018 *Spreadsheet in Education (ejsie)* **2** (3) 289-298
- [14] Grigore I, Mironc S, Barna,ES 2016 *Romanian Report in Physics* **68** (2) 891-904

Lampiran 3: Makalah 2 yang Diikutkan dalam International Conference on Science and Applied Science 2017

Using Spreadsheet Modelling in Basic Physics Laboratory Practice for Physics Education Curriculum Undergraduate

Ahmad Fauzi, Teguh Rahardjo, Utoro Romadhon, Kunthi Ratna Kawuri¹

Physics Education Department of Sebelas Maret University,
Jl. Ir. Sutami 36A Kentingan Jebres Surakarta 57126, INDONESIA

E-mail: fauziuns@gmail.com

Abstract. Physics is one of a branch of science which uses much of mathematical concept. Usually, the concept of physics is expressed in a mathematical equation; it will make physics easier to understand. Therefore, the students need to understand about mathematical modeling to help them understand physics. Students who take fundamental physics and physics laboratory course required to understand the concept of feedback that is mathematically expressed in differential equations. However, most of the students have not been taught the concept of differential equations at early semester. Therefore, we are interested in reviewing the use of mathematical modeling with spreadsheet in the case of feedback that is integrated with laboratory practice. The results of this study indicate that students gave positive perceptions and improving the ability of students in understanding the concept of feedback that is mathematically expressed in the differential equation.

1. Introduction

One of an important goal for physics education is the students mastered physics concept theoretically and using scientific method to prove the theory. Therefore, in physics course the theoretical lesson should be followed by laboratory practice. In learning physics, especially at university level, the students should be involved to get the concept, the students just not hear from the lecture or read from text book [1,2]. Laboratory practice should be done to prove the concept or to get the concept. One of effect if the learning physics without laboratory practice cause student's bad performance [3]. In laboratory practice, the students must do the experiment as best as possible and avoid something that disturb their work. The quality of the measurement depends on the accuracy and precision of data. If the measured value is very close to real values, the accuracy of data will be very high [4].

In the laboratory activity, it is better for the students to use the real system rather than use computer models. However, according many researches shown that the primary cause of difficulties to understand physics concept is there are many physics concept that abstract. Besides that, the modeling of physics phenomena by mathematic modeling cause more complicate students to understand the phenomena. One of effort to help students to understand mathematic modeling is using computer models that guide students to get new knowledge [5]. At the undergraduate level, the students have difficulties in relating the physical phenomenon was happening in the microscopic to stated at the macroscopic. It could be caused the lack of laboratory practice [6]. Therefore it is considered that very important to raise laboratory practice supported by computer. Simulation by computer is

one of solution to integrate laboratory practice and computer. Using computer simulation help students to represent the model, do experiment, and do computation. Therefore, the computer simulation can be used students to compare the real experiment and simulation.

Resistor and capacitor circuit (RC circuit) generally taught to students in fundamental physics course. RC circuit is one of example the dynamic system that mathematically stated as differential equation. The characteristic of RC circuit often difficulties to students. Most of students who took the introductory physics course with traditional lecture instruction were unable to predict the behavior of a series circuit consisting of a battery, a bulb, and a capacitor [7]. Based on the previous researches, we try to integrate computer simulation use spreadsheet excel in laboratory activity. The computer simulation used spreadsheet modeling expected can help students predict the behavior of RC circuit that mathematically presented in differential equation. In the simulation, we use spreadsheet excel because it can illustrate graphics on a screen and illustrate many physical processes, easy to use especially the students, make the lesson interesting, and contributes to the scientific and technological knowledge of the students [8,9,10].

The simplest RC circuit consist of a resistor, a capacitor and a battery. The circuit of RC is depicted in figure 1.

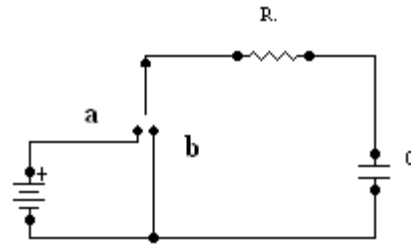


Figure 1. RC circuit with contact point a and b

Based on figure 1, charging capacitor occurs when the switch connected to point a and discharging capacitor occurs when the switch connected to point b. According to Kirchhoff's second laws, the relation between voltage and electrical current when charging process can be stated as

$$\varepsilon = iR + \frac{Q}{C} \quad (1)$$

using definition $i = \frac{dQ}{dt}$

equation (1) can be written as

$$\varepsilon = R \frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} \quad (2)$$

the general solution of differential equation (2) is

$$Q = C\varepsilon (1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (3)$$

if $Q_0 = C\varepsilon$ the equation (3) become

$$Q = Q_0 (1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (4)$$

the current can be written as

$$I = \frac{dQ}{dt} = \frac{\varepsilon}{R} e^{-t/RC} \quad (5)$$

In discharging process, the relation between voltage and current can be written as

$$iR + \frac{Q}{C} = 0 \quad (6)$$

$$R \frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} = 0 \quad (7)$$

the general solution of differential equation (7) is

$$Q = Q_0 e^{-t/RC} \quad (8)$$

and

$$i = -\frac{\varepsilon}{R} e^{-t/RC}$$

using Euler method, the general solution of equation (2) can be written as

$$Q_{i+1} = Q_i + I_i \Delta t \quad (9)$$

where

$$I_i = \frac{1}{R} \left(v_i - \frac{Q_i}{C} \right) \quad (10)$$

using the same method, the general solution of equation (7) can be written as

$$Q_{i+1} = Q_i + I_i \Delta t \quad (11)$$

where

$$I_i = -\frac{V_i}{RC} \quad (12)$$

2. Methodology

The subject of this research were 59 students of the second semester of physics education department of Sebelas Maret University in the 2016/2017 academic year. In this semester, the students take fundamental physics course. The course consist of theoretical class (3 credits) and laboratory class (1 credit). In class, the students study the concept theoretically, then they have to prove the concept in laboratory activities. In laboratory, the students do the experiment by guiding the instruction sheet and lecture's assistance.

In this research, we develop laboratory practice using spreadsheet modeling in RC circuit topic. After taking theoretical class, the students asked to make simulation using spreadsheet. Because students have not already taught how to solve differential equation use analytical method, we teach the students how to solve differential equation use Euler method then do computation in spreadsheet environment. In laboratory, the students must prove their simulation to the real experiment. We gave essay questions to assess the students knowledge and interview to know the respond of students to this course.

3. Result and Discussion

3.1. Result

In beginning this study, after following theoretical class about RC circuit, three students asked to do experiment about RC circuit without make simulation before. The goal of this treatment to know how students integrate the concept of RC gotten in class to do experiment in laboratory activity. We found that most of students do experiment carelessly. The example of measurement report of discharge capacitor shown in figure 2.

Tabel 1. Data Pengamatan Pengosongan Kapasitor

No	t (s)	V (volt)
1	5	8.82
2	10	6.31
3	15	3.3
4	20	0.5
5	25	2.18
6	30	1.36
7	35	0.73
8	40	2.3
9	45	0.17
10	50	0.13
11	55	0.12
12	60	0.097
13	65	0.098
14	70	0.36
15	75	0.99

Figure 2. An error in measuring data of discharge capacitor

Based on figure 2, can be conclude that the students do not understand the concept of discharge capacitor. The students just done the experiment without considering the behavior of discharge capacitor that be taught in teoritical class. If the students understand the concept of discharge capacitor that represented by differential equation, they will check that the voltage $V_n > V_{n+1}$ the students will repeat the laboratory practice until they get data that fulfill the criteria. According to the interview, can be concluded that students do not understand the concept of discharge capacitor, they just follow the experiment instruction and use digital voltmeter cerelessly.

At beginning course, the students asked to describe the behavior of RC circuit refers to differential equation. The example of the answers shown in figure 3 and 4.

Bagaimanakah cara mencari solusi persamaan differensial rangkain RC?

misalkan dinyatakan dalam fungsi $y=x$,
untuk menyatakan differensial y tho x yang
biasa dituliskan sebagai $\frac{dy}{dx}$

Figure 3. Snapshot of student's perception about differential equation as differentiation

Bagaimanakah cara mencari solusi persamaan differensial rangkaian RC?

dengan cara menurunkan pangkat Variabelnya
dan mengalikan pangkat dengan konstanta
yang ada di depan Variabel.

Figure 4. Snapshot of student's perception about solving differential equation use differentiation method

Based on figure 3 and 4 can be concluded that the students do not understand the concept of differential equation. In figure 3, the student miswrote the differential equation of RC circuit, while according figure 4 can be concluded that student thought differential equation can be solved as general differentiation with a constant.

Refers to the curriculum, the students taught differential in third semester. Therefore this study focused to train students how to solve the differential equation use Euler method and train to use spreadsheet excel. The spreadsheet used to make simulation because the student already used spreadsheet excel to analyze the data of experiment. After finishing the training of spreadsheet modeling use Euler method, the students asked to make simulation before performing experiment. The example of simulation about discharging capacitor shown in figure 5.

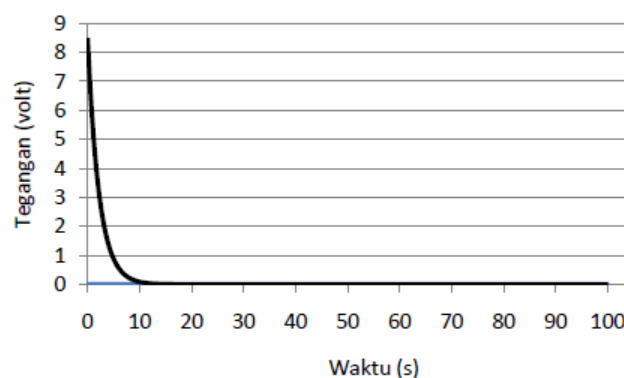


Figure 5. Snapshot of simulation of discharging capacitor used spreadsheet modeling

After making simulation, the students discussed the behavior of discharging capacitor, they also must explore the effect of each variable to the behavior of the system. The example of data got students in laboratory and behavior of discharging capacitor based on laboratory experiment shown in figure 6 and 7.

Tabel 2. Pengukuran V pengisian dan V pengosongan
untuk $R=4,7\text{ k}$, $C=470\mu\text{F}$ dan $V=8,5\text{ volt}$

t (s)	V pengisian (volt)	V pengosongan (volt)
10	8.16	0.0505
20	8.44	0.029
30	8.41	0.0101
40	8.45	0.006
50	8.44	0.0043
60	8.46	0.0034
70	8.47	0.0028
80	8.47	0.0024
90	8.47	0.0025
100	8.47	0.0021

Figure 6. Snapshot of experiment data of discharging and charging capacitor

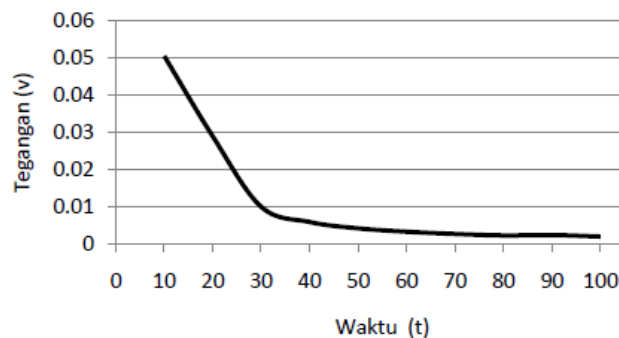


Figure 7. Snapshot the graph discharging capacitor used experiment data from

Figure 5, 6, and 7 show the snapshot of simulation and data obtained from laboratory experiment of discharging capacitor. In the case, the students used $R = 4,7 \text{ k}\Omega$, $C = 470 \text{ }\mu\text{F}$, and $\varepsilon = 8,5 \text{ volt}$. In reporting the laboratory practice, the students compared the data based simulation and experiment. We found that most of students just gave more attention to the experiment data and ignore the simulation. They wrote that the experiment data appropriate to the simulation after 10 second. It is just few students analyze the difference of simulation and experiment. According to the students, the data for less of 10 second difficult to get because the rate of change the capacitor voltage too fast, the data were stable after 10 second.

Based on the interview, can be concluded that made simulation use spreadsheet modeling help students in doing experiment. They said that the course was interested. The students were able to do experiment carefully to get data more accurate and precisely. They said that use spreadsheet modeling help them solve differential equation easier than using usual mathematical method. The students said that they understand about Euler method, but they have problem when writing the Euler method into spreadsheet.

According to essay test, can be conclude that most of students understand the concept of discharging and charging capacitor. They wrote correct answer such as in charging capacitor, the potential difference of resistor decrease appropriate to Ohm's law and the potential difference of capacitor decrease appropriate to Q/C . They wrote that the charge (Q_i) and current I_i has clausal effect, the charge in capacitor increase caused by the flowing charge to capacitor. More than 80% students gave correct answer that if the current is increase, the charge will increase too, this phenomena is appropriate to the theory that current as rate of change the charge. Just 50% students were able to give correct answer that in initial condition of charging capacitor, $Q = 0$ and $I = \varepsilon/R$.

3.2. Discussion

Based on the interview, we conclude that most students very interested to follow the course. They said that they got new knowledge to make simulation use spreadsheet modeling. They said that use spreadsheet in this course is very interested, because they were familiar to spreadsheet. Our finding is support to previous research that the use of spreadsheet make students active to make their own simulation is the best choice to teach computation [12]. In previous researches, especially in high school, the differential equation solved by Euler method use spreadsheet [10] and spreadsheet modeling [11,13]. In previous researches, the students just need to use the simulation, they are not need to make their own simulation. Therefore the result of this research is complement to previous researches. Therefore, for the next research we suggest to investigate how to train students make computation based on numerical method in spreadsheet environment.

It is also very important to investigate how students combine the simulation and laboratory practice to get better understanding the concept.

3.3 Conclusion

We concluded that spreadsheet modeling could be integrated with laboratory practice into undergraduate education physics curriculum. The students gave positive perceptions to this course and improving the ability of students in understanding the concept of feedback that is mathematically expressed in the differential equation. The results of this research become complement of the study on how to integrate in laboratory practice of learning physics use spreadsheet modeling for students who have not mastered differential equation.

References

- [1] Arribas E, Escobar I, Suarez CP, Najera A and Balendez A 2015 *European Journal of Physics* **36** 1-11
- [2] Fatmaryanti, DS, Suparmi, Sarwanto and Ashadi 2017 *Journal of Physics: Conference Series*, **795**, conference 1 p1
- [3] Godwin O, Adrian O and Johnbull E 2015 *Educational Research and Review* **10** (7) 951-956
- [4] Thomas OO, 2013 *American Journal of Humanities and Social Sciences* **1**(3) 156-162
- [5] Andrews DGH 2009 *Physics Education* **44**(1) 48-52
- [6] Sharda V, Sastri S, Bhardwaj J, and Jha AK 2016 *Physics Education* **51** 1-8
- [7] Smith DP and Kampen P 2013 *American Journal of Physics* 10.1119/1.4795589
- [8] Quale Andreas 2012 *Physics Education* **47**(3), 355-367
- [9] Chaamwe N and Shumba L 2016 *International Journal of Information and Education Technology* **6**(6) 435-441
- [10] Benacka J 2016 *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education* **12**(4) 947-964
- [11] Lingard M 2003 *Physics Education* **38**(5) 418-422
- [12] Landau R 2006 *Computing In Science & Engineering* **8**(5) 22-30
- [13] Benacka J 2008 *Spreadsheets in Education (eJSiE)* **2**(3) 289-298

Lampiran 4: Bukti terbatasnya paper yang dapat dimuat di Jurnal Australian Education Computing

