

Pembelajaran Prinsip dan Aplikasi Instrumentasi dan Kontrol Pada Mahasiswa Lintas Disiplin Tahun Pertama di Institut Teknologi Bandung

Estiyanti Ekawati^{1,2,a)}, Tua Agustinus Tamba^{1,2,b)}

¹Kelompok Keilmuan Instrumentasi dan Kontrol,
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

²Pusat Teknologi Instrumentasi dan Otomasi,
Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

^{a)} esti@instrument.itb.ac.id (corresponding author)

^{b)} tua@instrument.itb.ac.id

Abstrak

Makalah ini melaporkan analisis keberhasilan pembelajaran kerekayasaan yang untuk meningkatkan pemahaman prinsip dan aplikasi instrumentasi dan kontrol pada mata kuliah KU1101 Pengantar Rekayasa Desain I (PRD I) pada kluster II di Institut Teknologi Bandung (ITB). Pada Semester I Tahun Akademik 2015-2016, kluster II melibatkan 702 orang mahasiswa dan 10 dosen dari berbagai program studi dari Fakultas Teknologi Industri (FTI), Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati (SITH) dan Sekolah Farmasi (SF). Tantangan pengelolaan kuliah ini selain jumlah mahasiswa yang besar, adalah pada upaya memaksimalkan penyampaian materi oleh dosen serta partisipasi mahasiswa di kelas. Untuk memenuhi tantangan tersebut, pada Semester I Tahun Akademik 2015-2016 pelaksanaan kuliah dirubah secara signifikan. Setiap kelas diisi oleh kombinasi mahasiswa FTI, SITH dan SF. Setiap dosen membawakan materi seragam dalam minggu pertama sampai keempat. Namun pada minggu 5 sampai 15, setiap dosen bertugas membawakan satu materi kerekayasaan saja, dan yang sesuai dengan bidang keahlian dosen yang bersangkutan. Mahasiswa setiap minggu berputar ke kelas-kelas yang menyampaikan topik sesuai jadwal yang ditetapkan. Salah satu kelas yang berjalan dengan metode tersebut adalah Kontrol dan Mekatronika. Pada kelas ini dalam dua jam tatap muka dijalankan tiga segmen kegiatan, yaitu penayangan kasus motivasional, ceramah dan demonstrasi tentang sistem instrumentasi dan kontrol, diakhiri oleh diskusi kelompok. Analisis statistik juga dilakukan untuk membandingkan pencapaian pembelajaran serta kepuasan mahasiswa pada semester ini terhadap pencapaian tahun akademik sebelumnya. Hasil analisis menunjukkan bahwa pendekatan ini meningkatkan kepuasan mahasiswa dan dosen secara signifikan, demikian pula nilai pemahaman mahasiswa terhadap topik sistem instrumentasi dan kontrol pada semester I 2015-2016.

Kata-kata kunci: Pembelajaran, Instrumentasi dan Kontrol

PENDAHULUAN

Penguasaan Prinsip dan Aplikasi Desain Kerekayasaan

Penguasaan terhadap prinsip dan aplikasi desain kerekayasaan merupakan salah satu capaian utama pembelajaran pada pendidikan tinggi tingkat sarjana bidang rekayasa. Hal ini telah digariskan, baik pada Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia [1] yang mendasari penyusunan kurikulum pendidikan di Indonesia,

maupun pada kriteria capaian pembelajaran berbagai lembaga akreditasi internasional, seperti ABET [2], ASIIN e.v [3] dan JABEE [4].

Dalam upaya memenuhi capaian pembelajaran tersebut, kurikulum berbagai program studi di ITB pada tahun 2013 [5] menetapkan bahwa pada tahun pertama program Sarjana, pencapaian penguasaan prinsip dan aplikasi rekayasa ditumbuhkan melalui dua kuliah wajib. Kedua mata kuliah ini adalah KU1101 Pengenalan Rekayasa dan Desain I (PRD I) pada semester ganjil dan KU1201 Pengenalan Rekayasa dan Desain II (PRD II) pada semester genap. Konsep ini dilanjutkan pada tahun kedua sampai keempat, melalui rangkaian kuliah yang ditetapkan oleh program studi yang dimasuki para mahasiswa.

Tantangan Pelaksanaan Kuliah PRD Secara Umum

Untuk dapat memahami tantangan pengelolaan mahasiswa dan dosen pada kuliah ini, perlu dikenali lebih dahulu tujuan pembelajaran yang ingin dicapai. Demikian pula analisis terhadap keberhasilan pembelajaran yang lampau. Mata kuliah KU1101 PRD I pada semester I tahun pertama studi di ITB mempersiapkan mahasiswa untuk mengenal dan memahami karakter profesi dan dasar ilmu rekayasa dalam bentuk kuliah tatap muka yang dikombinasikan dengan diskusi maupun studi kasus singkat. Topik yang disampaikan meliputi pengenalan identitas dan pengembangan profesi ahli rekayasa, yang meliputi: jenis, etika dan organisasi profesi rekayasa. Selanjutnya, mahasiswa diingatkan kembali pada konsep yang mendasari seluruh ilmu rekayasa, yaitu kesetimbangan, konversi serta konservasi energi. Mahasiswa kemudian dikenalkan dengan berbagai bentuk aplikasi konsep tersebut dalam berbagai ilmu rekayasa. Contoh bidang keilmuan yang dikenalkan antara lain ilmu rekayasa mekanikal, rekayasa proses, rekayasa biologi, serta bidang rekayasa kembangannya, termasuk konsep dan aplikasi instrumentasi dan kontrol. Tujuan pengenalan berbagai bidang keilmuan ini adalah mendorong mahasiswa menangkap analogi dalam berbagai bidang ilmu tersebut, serta menyadari pentingnya kolaborasi antar bidang ilmu tersebut. Akhirnya mahasiswa dikenalkan dengan tahapan kerja dalam desain rekayasa. Pembekalan ini dilanjutkan pada mata kuliah KU1201 PRD II di semester II yang membimbing mahasiswa melaksanakan tahapan desain rekayasa dalam bentuk studi kasus rekayasa yang dilaksanakan secara berkelompok.

Pengenalan konsep rekayasa melalui kedua kuliah ini diorganisasikan dalam enam kluster Fakultas dan Sekolah di ITB. Setiap kluster terdiri dari gabungan dua sampai tiga Fakultas dan Sekolah, melibatkan total 650-700 mahasiswa dalam 8-10 kelas. Setiap kelas diampu oleh seorang dosen. Tampak bahwa struktur kluster tersebut memuat jumlah mahasiswa yang besar, jenis fakultas dan sekolah yang beragam, demikian pula keahlian dosen pengampunya. Ketiga hal tersebut merupakan aset yang perlu dikelola dengan baik melalui proses perbaikan berkelanjutan yang dapat berlangsung selama beberapa tahun akademik.

Makalah ini melaporkan proses perbaikan berkelanjutan tersebut dalam tiga bagian utama. Pada bab berikut, diuraikan penetapan tema dan analisis keberhasilan pembelajaran PRD I di Kluster II pada tahun akademik 2013-2014 dan 2014-2015. Berdasarkan analisis ini, disusun manajemen pembelajaran yang diterapkan pada tahun akademik 2015-2016. Selanjutnya pembahasan difokuskan pada topik Kontrol dan Mekatronika, karena elemen-elemennya mengorganisasikan pencapaian tema besar pembelajaran PRD di Kluster II secara sistematis. Pemahaman mahasiswa diukur melalui asesmen langsung, yaitu penilaian hasil karya mahasiswa; dan asesmen tidak langsung, yaitu survey persepsi mahasiswa terhadap pelaksanaan perkuliahan. Bagian ini diakhiri dengan kesimpulan yang merangkum pencapaian pembelajaran pada tahun 2015-2016.

PEMBELAJARAN PRD DI KLUSTER II TA 2013-2014 DAN TA 2014-2015

Tema Kuliah PRD I dan PRD II di Kluster II

Mengingat kompleksnya sumber daya yang perlu dikelola, setiap kluster mengembangkan dan menyesuaikan metode pembelajaran dengan karakter mahasiswa dan kompetensi masing-masing dosen masing-masing. Mengingat lingkup yang luas dan pendekatan yang sangat bervariasi, makalah ini fokus pada pelaksanaan pembelajaran prinsip dan aplikasi instrumentasi dan kontrol, yang merupakan bagian dari topik mata kuliah KU1101 PRD I di Kluster II. Pada Semester I Tahun Akademik 2015-2016, Kluster II melibatkan 702 orang mahasiswa dan 10 dosen dari berbagai program studi dari Fakultas Teknologi Industri (FTI), Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati (SITH) dan Sekolah Farmasi (SF) ITB.

Bidang keahlian FTI, SITH dan SF sekilas tampak jauh berbeda. Namun kombinasi ketiga Fakultas dan Sekolah dalam Kluster II membuka banyak peluang kerjasama interdisiplin dalam bidang rekayasa. Dengan dasar pemikiran tersebut, pelaksanaan kuliah PRD I dan II dalam kluster II dirancang untuk melibatkan peran aktif seluruh dosen dari ketiga Fakultas dan Sekolah untuk membangun materi pembelajaran bersama-sama. Untuk itu disepakatilah sebuah tema besar, yaitu "Pengelolaan Biomassa sebagai Sumber Energi

Terbarukan Lokal”. Tema ini ini mengangkat keutamaan ilmu hayati dan farmasi dalam pengelolaan sumber biomassa, dengan dukungan manajemen serta implementasi teknologi modern.

Pelaksanaan dan Tantangan Pembelajaran PRD I Kluster II Tahun Akademik 2013-2014 dan 2014-2015

Pada tahun akademik 2013-2014, mahasiswa Kluster II tersebar dalam lima kelas yang berisi mahasiswa FTI, dan empat kelas yang berisi kombinasi mahasiswa SITH dan SF. Seluruh kelas diampu oleh dosen FTI, SITH atau SF. Seluruh dosen bertugas menyampaikan topik kuliah yang sama pada jadwal kuliah yang sama pula setiap minggunya. Setiap dosen dibekali buku teks kuliah dan materi presentasi kuliah, serta didorong untuk memberikan pengayaan materi yang relevan. Untuk mensinkronkan pelaksanaan serta pendekatan penyampaian materi kuliah, diadakan rapat koordinasi dosen setiap minggu.

Hipotesis awal pada pelaksanaan kuliah ini adalah PRD I adalah pengetahuan dasar yang semestinya dikuasai dengan merata oleh seluruh dosen ITB, sehingga dengan pembagian tugas dan koordinasi yang rutin, tingkat kepuasan mahasiswa dapat merata. Hipotesis ini diuji menggunakan kuesioner yang diisi oleh mahasiswa pada akhir semester. Butir pertanyaan kuesioner yang ditunjukkan pada Tabel 1. Tabel ini menunjukkan persepsi mahasiswa terhadap keberhasilan pembelajaran secara umum. Nilai rata-rata tiap butir untuk tiap kelas ditunjukkan pada Tabel 2. Pada Tabel 2, bidang keilmuan dosen dikelompokkan atas kelompok A, B, C dan D, sedangkan Fakultas dan Sekolah mahasiswa ditampilkan sesuai kondisi aslinya.

Menggunakan data pada tabel 2, pengaruh faktor bidang keahlian dosen terhadap keberhasilan pembelajaran dianalisis menggunakan teknik Anova dua faktor dengan replikasi [6]. Berhubung terdapat 3 dosen dengan keahlian D, maka secara acak dipilih 2 dari tiga dosen yang tersedia untuk dianalisis dengan metode tersebut. Hasil analisis ini untuk 8 kelas yang melibatkan dosen dengan keahlian A, B, C, dan D menghasilkan nilai $F_{0.05(3,87)} = 2.60$. Nilai ini lebih kecil dari nilai ambang batas untuk derajat kebebasan data yang bersangkutan, yaitu $F_{crit,0.05(3,87)} = 2.81$. Artinya, untuk kedelapan kelas yang dianalisis dengan tingkat kesalahan 5%, bidang keahlian dosen tidak berpengaruh signifikan terhadap persepsi mahasiswa untuk pembelajaran di kelas.

Tabel 1. Daftar Pertanyaan Kuesioner Akhir Semester

A	Kelompok KemampuanDosen
	1. Penguasaan materi
	2. Cara Berkomunikasi/menyampaikan materi
B	Kelompok KomitmenDosen
	3. Penggunaan waktu kuliah sepenuhnya
	4. Kehadiran pada jam kuliah
C	Kelompok SikapDosen
	5. Persiapan kuliah
	6. Sikap responsif dan bersedia berdiskusi
D	Kelompok PenyelenggaraanKuliah
	7. Penjelasan tujuan kuliah, rencana materi, dan buku acuan yang bermanfaat
	8. Kesesuaian isi/bobot mata kuliah dengan alokasi SKS
	9. Perolehan nilai diperoleh dari evaluasi yang lebih dari satu kali
E	Kelompok Manfaat/HasilKuliah
	10. Penguasaan materi oleh mahasiswa setelah mengikuti kegiatan perkuliahan
F	Kelompok KehadiranMahasiswa
	11. Tingkat kehadiran mahasiswa dalam perkuliahan tinggi

Tabel 2. Nilai Kuesioner Akhir Semester I 2013-2014 Mata Kuliah KU1101 Pengantar Rekayasa Desain I 2013-2014

Asal Mahasiswa	Bidang Keahlian Dosen	Jumlah Kuesioner	Nilai Kuesioner										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SITH/SF	A	61	3.79	3.77	3.08	2.26	3.67	3.77	3.41	3.61	3.11	3.08	3.93
SITH/SF	A	60	3.25	3.42	3.87	3.22	3.53	3.67	3.23	3.4	3.17	2.75	3.92
FTI	B	74	3.68	3.19	3.43	3.27	3.57	3.46	3.5	3.43	3.46	2.68	3.66
FTI	B	73	2.92	2.05	3.29	3.48	2.56	2.49	2.89	2.99	2.79	2.08	3.84
SITH/SF	C	63	3.60	3.25	3.52	3.21	3.68	3.57	3.56	3.51	3.35	2.81	3.71
FTI	C	69	3.39	2.86	2.80	2.51	3.23	3.28	2.99	3.22	2.96	2.35	3.74
FTI	D	71	3.24	2.92	2.39	2.61	3.17	3.32	3.48	3.18	3.07	2.51	3.75
FTI	D	72	3.50	2.67	3.07	2.72	3.28	3.03	3.12	3.25	2.65	2.24	3.56
SITH/SF	D	66	3.47	3.05	3.27	3.44	3.55	3.39	3.42	3.50	2.95	2.73	3.91

Namun di lain pihak, pengaruh pembagian mahasiswa berdasarkan Fakultas dan Sekolah terhadap persepsi mereka terhadap keberhasilan pembelajaran menghasilkan nilai $F_{0.05(1,87)} = 26.01$, jauh lebih besar dari nilai ambang batas untuk derajat kebebasan data yang bersangkutan, yaitu $F_{crit,0.05(1,87)} = 3.99$. Penilaian rata-rata oleh mahasiswa SITH/SF adalah 3.39, lebih besar dari penilaian oleh mahasiswa FTI, yaitu 3.07. Pada keempat kelas SITH/SF yang dianalisis dengan metode Anova satu faktor [6], bidang keahlian dosen tidak berpengaruh signifikan terhadap persepsi mahasiswa SITH/SF ($F_{0.05(3,43)} = 0.08 < F_{crit,0.05(3,43)} = 4.30$). Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa SITH/SF lebih apresiatif terhadap dosen tanpa memandang bidang keahliannya, dan lebih antusias terhadap topik perkuliahan ini.

Sebaliknya di lima kelas FTI, analisis dengan metode Anova satu faktor [6] menunjukkan bahwa bidang keahlian dosen berpengaruh sangat tinggi terhadap persepsi mahasiswa, yaitu dengan nilai ($F_{0.05(4,54)} = 5.88 < F_{crit,0.05(4,54)} = 2.60$). Uji kontras orthogonal dengan menggunakan pembobotan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa bidang keahlian dosen sangat signifikan mempengaruhi persepsi mahasiswa dibandingkan dengan kinerja individualnya. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa cenderung mengapresiasi dosen dari bidang keahlian B dan D lebih tinggi daripada dosen dari bidang C.

Untuk mengurangi bias persepsi mahasiswa terhadap bidang keahlian dosen, pada semester I tahun akademik 2014-2015, seluruh kelas PRD I dalam Kluster II diisi oleh gabungan mahasiswa FTI, SITH dan SF. Setiap dosen masih membawakan materi yang seragam sesuai jadwal kuliah yang ditetapkan, dan didorong untuk merangkul seluruh mahasiswa FTI, SITH dan SF untuk memahami tujuan pembelajaran PRD. Di seluruh kelas, mahasiswa diberi lebih banyak tugas kelompok, baik untuk berdiskusi di kelas, maupun untuk menyusun tugas esai. Setiap kelompok harus beranggotakan mahasiswa dari FTI, SITH dan SF. Interaksi antar mahasiswa ini diharapkan mendorong mereka belajar secara aktif untuk menguasai topik-topik perkuliahan yang disampaikan.

Tabel 3. Uji Kontras terhadap Pengaruh Bidang Keahlian Dosen terhadap Persepsi Mahasiswa 2013-2014

		Bidang Dosen				
		B	B	C	D	D
Kontras	C1	1	1		-1	-1
	C2			-2	1	1
	C3	-1	-1	2		

Dengan metode analisis yang sama dengan tahun akademik 2013-2014, didapatkan bahwa bias persepsi mahasiswa terhadap bidang keahlian dosen bergeser ke bidang A dan D, kontras terhadap bidang B dan C. Hal ini dipicu antara lain oleh bergabungnya beberapa dosen baru untuk pertama kalinya pada kuliah PRD I. Wawancara terhadap para dosen pengampu menunjukkan bahwa dosen baru dari bidang A dan D membutuhkan waktu lebih panjang untuk mempersiapkan perkuliahan. Di sisi lain, kerjasama yang baik antar dosen pada semester ini memungkinkan penggabungan beberapa kelas, sehingga materi tetap tersampaikan secara lengkap. Mahasiswa juga mengapresiasi kesempatan untuk berinteraksi antar Fakultas dan Sekolah dalam berbagai diskusi dan tugas kelompok pada semester I 2014-2015.

PERUBAHAN STRATEGI PEMBELAJARAN KULIAH PRD I PADA TAHUN AKADEMIK 2015-2016

Kelas Rotasi

Belajar dari pengalaman pelaksanaan pada dua tahun tersebut, maka pada Semester I Tahun Akademik 2015-2016 dirubah secara signifikan. Setiap kelas masih diisi oleh kombinasi mahasiswa FTI, SITH dan SF. Bedanya terdapat pada pola kerja dosen. Pada minggu pertama sampai keempat, setiap dosen membawakan materi pengenalan profesi rekayasa serta konsep gaya dan energi di kelas masing-masing. Hal ini bertujuan agar mahasiswa dapat mengenal dosen pengampu kelas masing-masing, dan dosen mempunyai kesempatan yang cukup untuk memberikan pengantar tentang tema kuliah PRD I. Pada minggu 5 sampai 15, setiap satu dosen bertugas membawakan satu materi rekayasa yang sesuai dengan bidang keahlian dosen yang bersangkutan. Dosen yang bersangkutan mengajar di ruang kelas yang tetap, dan wajib memaksimalkan penyampaian materi yang ditugaskan. Mahasiswa lah yang setiap minggu berotasi ke kelas-kelas yang menyampaikan topik sesuai jadwal yang ditetapkan, diselingi Ujian Tengah Semester dan Ujian Akhir Semester pada minggu ke 8 dan minggu ke 16. Ilustrasi jadwal rotasi kelas ini ditunjukkan pada Tabel 4. Angka romawi pada tabel ini menunjukkan kelompok mahasiswa dalam 1 kelas, dan angka 4 digit menunjukkan ruang kelas yang harus dihadiri oleh mahasiswa tersebut pada minggu 5 sampai 15.

Dengan pendekatan kelas rotasi, setiap minggu mahasiswa akan bertemu dengan dosen pengampu topik yang berbeda, namun sangat menguasai topik yang disampaikan. Dosen diharapkan lebih siap memfasilitasi mahasiswa untuk memahami topik yang bersangkutan dalam waktu 2 x 55 menit perkuliahan. Analisis terhadap strategi pengelolaan kuliah ini secara keseluruhan dipersiapkan untuk publikasi tersendiri. Makalah ini selanjutnya fokus pada penyampaian topik Kontrol dan Mekatronika pada kelas rotasi tersebut.

Tabel 4. Jadwal Rotasi Kelas PRD I 2015-2016

Minggu Kuliah	Kelas									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	9103	9104	9107	9108	9009	9131	9222	9018	9232	9223
2	9103	9104	9107	9108	9009	9131	9222	9018	9232	9223
3	9103	9104	9107	9108	9009	9131	9222	9018	9232	9223
4	9103	9104	9107	9108	9009	9131	9222	9018	9232	9223
5	9104	9107	9108	9009	9131	9222	9018	9232	9223	9103
6	9107	9108	9009	9131	9222	9018	9232	9223	9103	9104
7	9108	9009	9131	9222	9018	9232	9223	9103	9104	9107
8	UTS	UTS	UTS	UTS	UTS	UTS	UTS	UTS	UTS	UTS
9	9009	9131	9222	9018	9232	9223	9103	9104	9107	9108
10	9131	9222	9018	9232	9223	9103	9104	9107	9108	9009
11	9222	9018	9232	9223	9103	9104	9107	9108	9009	9131
12	9018	9232	9223	9103	9104	9107	9108	9009	9131	9222
13	9232	9223	9103	9104	9107	9108	9009	9131	9222	9018
14	9223	9103	9104	9107	9108	9009	9131	9222	9018	9232
15	9103	9104	9107	9108	9009	9131	9222	9018	9232	9223
16	UAS	UAS	UAS	UAS	UAS	UAS	UAS	UAS	UAS	UAS

PEMBELAJARAN TOPIK KONTROL DAN MEKATRONIKA

Pendekatan Pembelajaran Kontrol dan Mekatronika PRD I Sem I 2015-2016

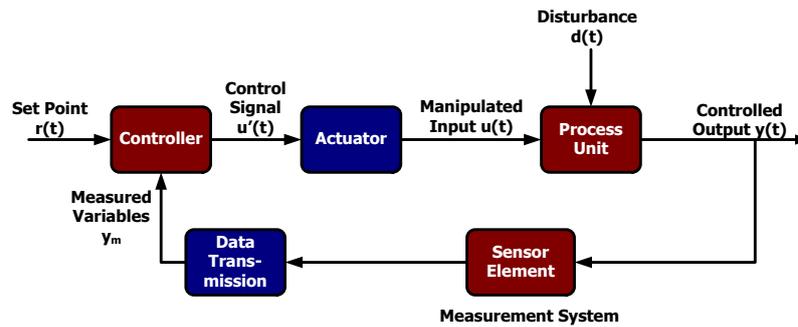
Mengingat latar belakang peminatan mahasiswa yang beragam, strategi penyampaian materi pada kelas Kontrol dan Mekatronika adalah menyadarkan mahasiswa tentang luasnya lingkup penerapan konsep instrumentasi dan kontrol. Penerapan konsep ini tidak hanya terbatas pada sistem mekanik maupun kelistrikan, namun juga pada sistem hayati dan kesehatan. Mahasiswa dilibatkan secara aktif untuk memahami materi, baik secara visual, kinestetik, verbal dan interpersonal [7].



Gambar 1. Tampilan Video “Farming, The Biggest Job on Earth”

Untuk itulah kuliah dibuka justru dengan pembicaraan yang sekilas tampak jauh dari aplikasi instrumentasi dan kontrol. Pada awal kuliah, diputarkan video berjudul “Farming, the Biggest Job on Earth” (Gambar 1). Video ini mendeskripsikan pentingnya pertanian dalam upaya menyediakan pangan maupun bahan obat-obatan bagi seluruh penduduk dunia. Setelah pemutaran video ini, mahasiswa diberi pengertian bahwa pertanian adalah bidang sangat membutuhkan kerjasama rekayasa dan sains agar mampu menyediakan produk pangan maupun obat-obatan dalam jumlah dan kualitas yang memadai bagi seluruh penduduk dunia. Melalui penyampaian ini, mahasiswa diberi wawasan mengenai pentingnya dialog dan kerjasama antar bidang keilmuan FTI, SITH dan SF untuk menghasilkan kuantitas dan kualitas panen yang optimal, dan menyejahterakan petaninya.

Pada segmen selanjutnya, dijelaskan bahwa peran berbagai bidang rekayasa dalam meningkatkan kuantitas dan kualitas panen dapat diuraikan melalui skema sistem kontrol yang ditunjukkan pada Gambar 2. Salah satu ilustrasi penggunaan skema ini adalah sebagai berikut: Tinjau satu proses pengaturan panas dalam oven untuk produksi kue. Untuk memastikan bahwa temperatur oven adalah 180°C sesuai resep, koki akan menyetting data tersebut pada panel kontrol. Data ini disebut data acuan. Untuk memastikan temperatur oven yang dibutuhkan tercapai, digunakan sensor termokopel yang mengukur temperatur oven dan mengirimkan datanya ke mikroprosesor. Mikroprosesor membandingkan temperatur acuan dengan temperatur terukur. Bila nilainya positif, maka mikroprosesor mengirimkan sinyal untuk menutup aktuator, yaitu katup bahan bakar. Aksi ini mengurangi pembakaran dan menurunkan temperatur oven. Sebaliknya, bila nilainya negatif, mikroprosesor mengirimkan sinyal untuk membuka katup bahan bakar sehingga pembakaran bertambah dan menaikkan temperatur oven.



Gambar 2. Elemen-elemen sistem kontrol

Mekanisme kontrol seperti ini dapat berlangsung dalam berbagai aplikasi dengan perangkat sensor, pengontrol dan aktuator. Untuk memotivasi mahasiswa, ditampilkan demonstrasi sistem kontrol wahana terbang tak berawak ‘quadrotor’ (Gambar 4). Dalam demonstrasi ini mahasiswa menyaksikan langsung, pengendalian gerak quadrotor di dalam kelas. Salah satu wakil mahasiswa juga diundang untuk mencoba mengendalikan quadrotor tersebut. Berdasarkan demonstrasi ini, mahasiswa diajak untuk mengidentifikasi elemen-elemen kontrol pada penerbangan quadrotor tersebut. Pada bagian inilah mahasiswa diperkenalkan dengan elemen mekatronika dalam quadrotor, serta analoginya dalam berbagai aplikasi yang berbeda.



Gambar 3. Demonstrasi Penerbangan Quadrotor

Selanjutnya, mahasiswa ditantang untuk memikirkan penerapan konsep kontrol dalam bidang pertanian dan kesehatan. Mahasiswa dibagi dalam kelompok-kelompok beranggotakan 5-6 orang yang harus terdiri dari kombinasi mahasiswa FTI dan SITH/SF. Setiap kelompok ditugaskan untuk berdiskusi dan menyusun ide penerapan kontrol pada bidang pertanian dan kesehatan dengan memanfaatkan perangkat modern, dan salah satu perangnya adalah Quadrotor. Dalam menyusun ide tersebut, mereka diharuskan mendeskripsikan cara kerja sistem serta menggambarkan skema kontrol yang sesuai. Dosen dan asisten berkeliling memfasilitasi diskusi dalam setiap kelompok. Hasil diskusi dilaporkan secara tertulis oleh setiap kelompok dan nilainya digunakan untuk analisis pencapaian kelas. Nilai diskusi ini juga dianalisis bersama hasil evaluasi individual yang berbentuk kuis online, Ujian Tengah Semester (UTS), Ujian Akhir Semester (UAS) serta kuesioner akhir semester.

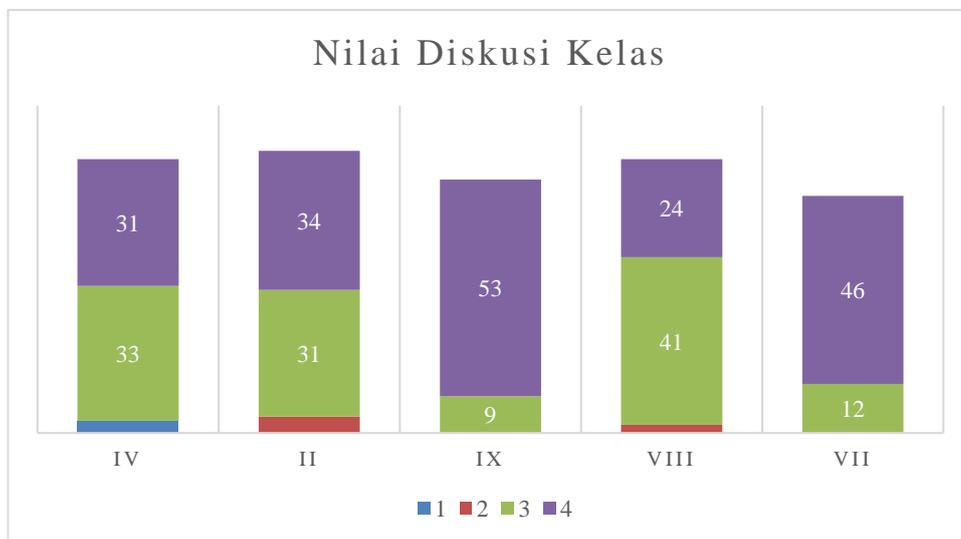
Pendekatan pembelajaran ini ditujukan untuk membiasakan mahasiswa menstrukturkan pengamatan mereka terhadap berbagai fenomena alam maupun buatan dalam bentuk diagramsistem kontrol. Kemampuan ini akan sangat bermanfaat untuk menstrukturkan elemen-elemen sistem, menentukan prioritas penyelesaian masalah, mengenal berbagai bentuk teknologi yang dibutuhkan dalam berbagai bidang ilmu dan menumbuhkan kesadaran untuk bekerjasama lintas disiplin ilmu.

Analisis Pencapaian Kelas

Untuk mengukur pencapaian kelas terhadap pendekatan pembelajaran yang baru, maka hasil diskusi kelas digunakan sebagai asesmen langsung dan dinilai menggunakan kriteria pada Tabel 5. Lima kelas dipilih secara acak dari 10 kelas yang terlibat dalam semester I 2015-2016. Nilai diskusi kelas tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.

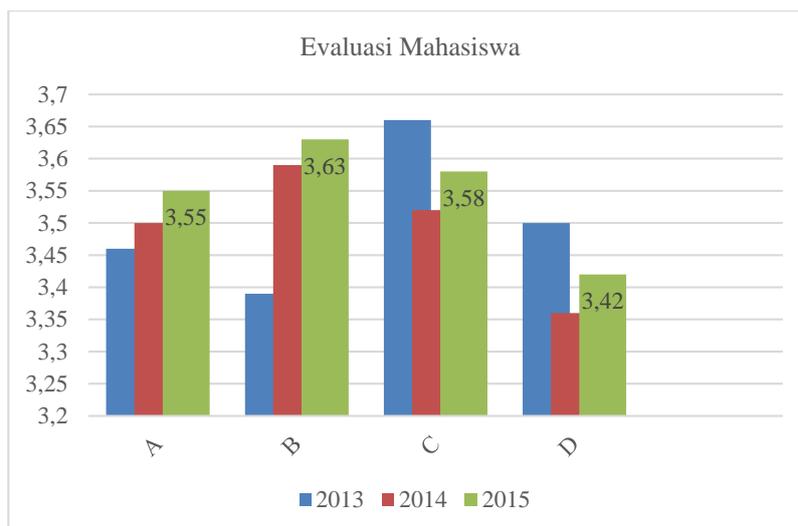
Tabel 5. Kriteria Penilaian Diskusi Kelas

Kategori	Rentang Nilai	Kemampuan
1	$N \leq 50$	Dapat mendeskripsikan sebagian dari elemen sistem kontrol pada kasus yang dipilih menggunakan kata-kata sendiri
2	$50 < N \leq 60$	Dapat mendeskripsikan elemen sistem kontrol pada kasus yang dipilih dengan menggunakan diagram blok
3	$60 < N \leq 75$	Dapat menjelaskan interkoneksi sistem kontrol pada kasus yang dipilih menggunakan diagram blok
4	$N > 75$	Dapat menjelaskan dengan komprehensif interkoneksi sistem kontrol pada kasus yang dipilih menggunakan blok diagram serta mengkaitkannya dengan perkembangan teknologi instrumentasi dan kontrol terkini



Gambar 4. Nilai Diskusi Kelas

Gambar 4 dan uji Anova dua faktor terhadap nilai diskusi kelas menunjukkan bahwa kelima kelas yang dianalisis mendemonstrasikan tingkat pemahaman yang sangat baik dengan tingkat pencapaian yang tidak berbeda signifikan. Sebagian besar mahasiswa mampu mendeskripsikan sistem rancangannya dan dilengkapi dengan skema kontrol yang tepat. Bahkan prosentase yang mampu mengelaborasi sistem rancangannya dengan menambahkan ide-ide perkembangan teknologi terkini juga cukup besar. Hal ini menunjukkan bahwa dalam waktu 2 x 55 menit, mahasiswa mampu menyerap konsep dan mendeskripsikan kembali konsep kontrol menggunakan ekspresi masing-masing.



Gambar 5. Perkembangan Persepsi Mahasiswa terhadap Pembelajaran

Persepsi mahasiswa terhadap pendekatan model ini juga meningkat relatif terhadap pencapaian tahun 2013-2014 dan 2014-2015. Hal ini ditunjukkan oleh Gambar 5. Persepsi mahasiswa pada gambar ini dikelompokkan berdasarkan kriteria pada Tabel 1.

Konsistensi antara hasil asesmen langsung (penilaian terhadap hasil karya mahasiswa), dengan hasil asesmen tidak langsung (survei persepsi mahasiswa) menunjukkan peningkatan yang signifikan terhadap keberhasilan pencapaian kelas menggunakan pendekatan kelas rotasi dan pendekatan tiga segmen yang telah diuraikan.

Hasil asesmen ini menunjukkan bahwa metode kelas rotasi memudahkan dosen mengembangkan materi pembelajaran serta mengkondisikan mahasiswa untuk siap belajar secara aktif. Khusus pada kelas Kontrol dan Mekatronika, suasana pembelajaran efektif ini juga didukung oleh dukungan tiga orang asisten, baik untuk mengkondisikan kelas, mendemonstrasikan sistem kontrol maupun untuk memfasilitasi diskusi kelompok. Selain itu, perangkat multimedia dan akustika kelas harus berfungsi dengan baik agar seluruh mahasiswa di kelas dapat mengikuti penayangan video dengan baik, memahami petunjuk fasilitator dan menjalankan aktifitas diskusi dengan efisien. Selain itu, materi pembelajaran juga dapat diakses oleh mahasiswa setiap saat sepanjang semester pada situs pembelajaran online <http://kuliah.itb.ac.id> untuk kuliah KU1101 Pengantar Rekayasa Desain. Untuk itu, ketersediaan sumber daya manusia dan fasilitas multimedia perlu dijaga dan ditingkatkan untuk menjamin keberlangsungan pencapaian pembelajaran ini. Format pembelajaran dan asesmen yang sama direncanakan untuk dijalankan pada tahun akademik 2016-2017 dan 2017-2018. Pada tahun 2018, keberlangsungan sistem pembelajaran ini akan dianalisis sebagai dasar penyusunan dan implementasi kurikulum 2018.

KESIMPULAN

Metode kelas rotasi dan keterlibatan aktif mahasiswa dalam pembelajaran di mata kuliah KU1101 PRD I Sem I 2015-2016 secara signifikan meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep rekayasa, termasuk diantaranya sistem kontrol dan instrumentasi. Pencapaian ini didukung oleh tersedianya sumberdaya manusia dan fasilitas yang memadai. Sumberdaya manusia terdiri dari dosen yang bertindak sebagai fasilitator beserta tiga asisten yang mengkondisikan suasana dan aktivitas perkuliahan. Fasilitas pembelajaran terdiri dari perangkat multi media untuk membantu penayangan video dan materi perkuliahan, serta mengkondisikan aktivitas mahasiswa di dalam kelas. Keberlangsungan pencapaian ini perlu dipertahankan dengan ketersediaan sumberdaya dan fasilitas pembelajaran tersebut. Studi awal ini akan dilanjutkan pada dua tahun akademik berikutnya, untuk sebagai dasar penyusunan dan implementasi kurikulum yang akan datang.

REFERENSI

1. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, *Penerapan Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia Bidang Pendidikan Tinggi*, No. 73 (2013)
2. ABET, *Criteria for Accrediting Engineering Programs 2016-2017* (2016)

3. ASIIN, *Criteria for the Accreditation of Degree Programmes – ASIIN Quality Seal, Engineering, Informatics, Architecture, Natural Sciences, Mathematics, individually and in combination with other Subject Areas* (1995)
4. JABEE, *JABEE Common Criteria for Accreditation of Professional Education* (2012)
5. Lembaga Pengkajian Pendidikan, Penelitian dan Pengabdian Masyarakat ITB, *Naskah Kurikulum Baru ITB* (2013)
6. G.E.P. Box, J. S. Hunter, W.G. Hunter, *Statistics for Experimenters: Design, Innovation, and Discovery*, Willey (2005)
7. P. Blumberg, *Developing Learner-Centered Teaching : A Practical Guide for Faculty*. Jossey-Bass, A Willey Imprint (2009)