

PANDUAN PELAKSANAAN *CAPSTONE PROJECT*
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO



Disusun oleh :
Tim Pelaksana *Capstone Project*

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH GRESIK
TAHUN 2025

A. Penjelasan Umum

Dokumen ini menjelaskan pelaksanaan konsep *Capstone Project* (CP) pada mata kuliah Proposal Skripsi dan Skripsi. Dokumen ini dibuat sebagai acuan dalam pelaksanaan kedua mata kuliah tersebut. Sebagai bagian dari proses *continuous improvement*, dokumen ini akan selalu dapat diperbaiki, dikoreksi, diubah secara signifikan bila diperlukan dan dokumen versi terakhir akan dijadikan acuan.

Engineering Design Process (EDP) di dalam *Capstone Project* dirancang untuk meningkatkan keahlian profesional mahasiswa/i S1 Teknik Elektro (TE) dalam mengatasi masalah teknis di kehidupan nyata dan atau masalah sosial, serta meneliti masalah, mengembangkan solusi untuk memecahkan masalah, ketrampilan berkomunikasi dan kerjasama tim. Selain hal tersebut, di dalam *capstone design* ini terdapat pula konten yang menekankan terhadap perilaku keputusan dan kebijakan yang bersinggungan dengan masyarakat seperti profesionalitas dan etika praktis, konflik kepentingan, keselamatan dan dampak sosial.

Sebagai program studi keteknikan, kemampuan dasar yang sangat penting untuk dipelajari oleh mahasiswa/i S1 TE adalah konsep EDP yang merupakan hal utama yang dipelajari dalam perkuliahan ini. Setiap lulusan sarjana Teknik Elektro UMG harus pernah menjalani proses ini dengan baik dan benar. Topik/bidang/judul ataupun permasalahan yang dikerjakan selama kuliah ini merupakan kasus yang dijadikan contoh pengalaman mahasiswa/i dalam melaksanakan EDP tersebut.

Capstone Project ini merupakan kulminasi dari kuliah-kuliah sebelumnya yang telah dipelajari dan diselesaikan oleh seorang mahasiswa/i. Dalam pengertian lain, pada kuliah ini mahasiswa/i diharapkan dapat memanfaatkan dan menunjukkan pengetahuan dan pengalaman yang diperoleh setelah mengikuti kuliah-kuliah pada tahun I, II dan III, yang merupakan perkuliahan yang sifatnya sebagai perkuliahan penunjang, yang secara umum tidak menjadi syarat kuliah ini. Hal ini merujuk pada definisi yang digunakan (ABET).

Capstone design is the culmination of the undergraduate student experience, creating a blueprint for innovation in engineering design.

Sesuai dengan rujukan ABET tersebut, maka luaran utama dari *Capstone Project* adalah dokumen perancangan yang dapat digunakan untuk mendesain sebuah purwarupa atau produk (perangkat keras/perangkat lunak/hasil simulasi). Secara formal, *Capstone Project* memfasilitasi seorang mahasiswa/i untuk :

1. Memahami dan mengaplikasikan proses *engineering* dengan baik melalui pengalamannya menjalani siklus proses perancangan rekayasa yang lengkap pada sebuah kasus penyelesaian masalah rekayasa nyata (*capstone design*).
2. Mengasah *softskills* seperti kerjasama tim, komunikasi secara lisan dan tulisan, multidisiplin, kepemimpinan, tanggung jawab, kedisiplinan dan integritas serta mempresentasikan produk.

Pelaksanaan *Capstone Project* memiliki tujuan untuk dapat meningkatkan kualitas lulusan S1 Teknik Elektro. Selain itu, perlu diperhatikan bahwa CP bukan bertujuan untuk penelitian yang mendapatkan kebaruan (*novelty*), melainkan demonstrasi kemampuan yang akan diterapkan untuk praktek profesional setelah kandidat menyelesaikan prasyarat studi.

B. Proses Pelaksanaan

Sesuai dengan kurikulum 2024, pelaksanaan *Capstone Project* dapat dilakukan dan terdistribusi dalam beberapa mata kuliah sebagai berikut : Desain Web, Kecerdasan Buatan, Sistem Telekomunikasi, Perangkat Terprogram, Sistem Tertanam, Instalasi Tenaga Listrik, Otomasi Industri, Analisa Sistem Tenaga Lanjut. *Capstone Project* ini harus menghasilkan produk yang memecahkan masalah keteknikan yang spesifik dan dilakukan dengan metode yang benar. Menurut salah satu dokumen ABET, disebutkan definisi sebagai berikut :

*Engineering design is the process of **devising** a system, component, or process to meet **desired needs**. It is a **decision making process** (often iterative), in which the basic sciences, mathematics and engineering science are applied to **convert resources optimally** to meet **a stated objective**. Among the fundamental elements of the design process are the **establishment of objectives and criteria, synthesis, analysis, construction, testing and evaluation***

Definisi tersebut dapat diperjelas dalam poin-poin berikut :

- *Capstone Project* ini harus menghasilkan produk. Tidak seluruh bagian harus dirancang dari scratch, namun pada *Capstone Project* ini harus mengandung perancangan *hardware*, *software*, simulasi atau kombinasi dari ketiga hal tersebut. Hal ini berkaitan dengan salah satu ciri spesifik dari lulusan S1 Teknik Elektro.
- Proses perancangan merupakan *decision making process* atau proses pengambilan keputusan yang harus dilakukan dengan sistematis dan rasional. Proses pengambilan keputusan ini harus terdokumentasikan dengan

baik. Pengambilan keputusan ini mulai dari level yang tertinggi atau strategis sampai ke level detail teknis.

- Dalam *engineering design*, problem yang dipecahkan harus jelas, nyata dan terformulasi dengan baik. Problem harus dapat dinyatakan dalam kalimat yang singkat, tanpa jargon dan dapat ditunjukkan siapa yang memang memiliki masalah tersebut. Masalah yang dipecahkan harus memang cukup penting/cukup berharga untuk dipecahkan. Hal-hal ini harus ditunjukkan dalam proses perancangan.
- Dalam *engineering design*, pasti banyak *constraint* yang berkaitan dan standar yang berlaku. Hal ini sangat membedakan dengan penelitian, dimana keadaan luar dianggap ideal. *Constraint* ini contohnya tingkat pendidikan *user*, kondisi lingkungan, *constraint* ekonomis, lingkungan, kondisi eksisting dan lainnya. Dalam proses ini, akan diperlukan banyak *trade-off* untuk mendapatkan hasil optimum dalam *constraint* yang ada.

Secara formal, adapun tahap pengerjaan *Capstone Design* disyaratkan sebagai berikut :

1. Proposal (Form C1) : Mahasiswa/i telah memaparkan masalah yang akan diselesaikan, disertai dengan menunjukkan bahwa masalah tersebut memang nyata.
2. Penentuan spesifikasi (Form C2) : berisi spesifikasi sistem yang akan dirancang untuk memecahkan masalah pada C1.
3. Perancangan (Form C3) : Mahasiswa/i dapat mengambil semua keputusan penting dalam merealisasikan produk.
4. Implementasi (Form C4) : Mahasiswa/i selesai mengimplementasikan hasil rancangan. Hasil keluarannya berupa *source code*, desain skematik dan *board* PCB, *casing*, grafik atau tabel hasil simulasi dan hal-hal yang berhubungan langsung dengan rancangan. Hasil luaran tersebut juga telah dipastikan terdokumentasi dengan baik, dan juga purwarupa yang dirancang dapat diuji.
5. Pengujian (Form C5) : pada tahap ini mahasiswa/i telah melakukan pengujian terhadap purwarupa yang dirancang sesuai dengan dokumen C3. Setidaknya, terdapat dua hal yang perlu menjadi pokok pengujian : (1) apakah purwarupa tadi memenuhi fungsi dan kinerja yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi yang dijanjikan (C2) dan (2) sejauh mana produk yang

dihasilkan dapat memecahkan masalah yang didefinisikan (C1).

Kelima tahap diatas dilakukan dalam matakuliah Proposal Skripsi dan Skripsi. Ketiga tahap pertama dilaksanakan proposal (Form C1 – Form C3) dan menghasilkan pemodelan awal. Apabila hasil purwarupa atau pemodelan awal tidak dapat memperlihatkan hasil yang memuaskan, maka tahapan pertama (Proposal Skripsi) dinyatakan gagal dan harus mengulang kembali mengikuti prosedur yang berlaku.

Pada paruh kedua (Skripsi), diharapkan mahasiswa/i melakukan (jika perlu perbaikan perancangan), implementasi, pengujian dan mempersiapkan demonstrasi dan presentasi. Mahasiswa/i tidak diperkenankan untuk menumpuk semua proses di semester 7 atau 8, karena proses perencanaan merupakan proses yang memerlukan ketekunan tinggi, melibatkan banyak keilmuan serta perbaikan pada setiap langkahnya. Secara lebih detail, proses pelaksanaan *Capstone Project* ini dijabarkan dalam tabel berikut :

No	Tujuan	Cara
1	Mahasiswa/i mempelajari metode untuk menjelaskan keteknikan yang kompleks ke beragam <i>audience</i> dengan jelas dan mudah dimengerti	Proses diskusi tim, pembuatan materi presentasi, pembuatan buku <i>Capstone Project</i> , Presentasi sidang <i>Capstone Project</i>
2	Mahasiswa/i mempelajari teknik penulisan presentasi yang baik serta penyajian presentasi secara oral yang efektif	Proses diskusi tim, pembuatan materi presentasi, pembuatan buku <i>Capstone Project</i> , Presentasi sidang <i>Capstone Project</i>
3	Mahasiswa/i mempelajari prinsip-prinsip <i>Engineering Design</i> dan mendapatkan pengalaman untuk menerapkannya secara integrasi	Melaksanakan proses <i>Engineering</i>
4	Mahasiswa/i melakukan proses perancangan dan meneliti suatu sistem yang kompleks	Perancangan Topik
5	Mahasiswa/i mempelajari strategi untuk dapat bekerja di dalam tim secara efektif	Melaksanakan proses <i>Engineering</i>

	dan efisien	
6	Mahasiswa/i mempelajari proses perancangan proyek rekayasa dengan memperhatikan aspek-aspek ekonomi, lingkungan, sustainabilitas, manufakturabilitas, etika, kesehatan dan keselamatan, sosial serta politik	Perencanaan Topik
7	Mahasiswa/i diperkenalkan dengan ketrampilan mengelola proyek rekayasa	Melaksanakan proses <i>Engineering</i>
8	Mahasiswa/i diperkenalkan pada dampak dari standart <i>Engineering</i> pada spesifikasi kebutuhan.	Melaksanakan proses <i>Engineering</i>
9	Mahasiswa/i mengalami proses mengintegrasikan konsep dari berbagai topik di mata kuliah inti	Perancangan Topik
10	Mahasiswa/i harus dapat mengaplikasikan praktek dan teknik <i>Engineering modern</i>	Perancangan Topik

C. Tahapan dan Detail Pelaksanaan *Capstone Project*

a. Mahasiswa/i yang diperbolehkan menjadi peserta

Pada dasarnya karena *Capstone Project* merupakan kulminasi dari kuliah tingkat I sampai tingkat III, sehingga hanya mahasiswa/i S1 TE yang memenuhi syarat saja yang mendaftar. Sebagai syarat minimum, mahasiswa/i yang akan mendaftar setidaknya memenuhi semua syarat sebagai berikut :

- Sedang atau sudah lulus setidaknya 100 SKS.
- Sudah lulus semua kuliah tahun pertama dan kedua dan semua praktikumnya.
- Sudah mengambil semua mata kuliah konsentrasi.

Pengecekan syarat-syarat tersebut akan dilakukan oleh pihak akademik. Bila semua syarat diatas terpenuhi, maka mahasiswa/i yang bersangkutan diperbolehkan untuk membuat akun pada sistem dan mengikuti proses *bidding* topik-topik *Capstone Project*.

b. Topik yang ditawarkan

Setiap awal semester ganjil, Tim pelaksana *Capstone Project* akan menawarkan daftar topik

Capstone Project yang sifatnya aplikatif yang dilaksanakan menggunakan konsep *capstone design*. Topik-topik *Capstone Project* ini diusulkan oleh setiap dosen Teknik elektro yang *eligible* untuk mengajukan topik. Sebagai konsekuensinya, dengan bentuk *Capstone Project* ini mahasiswa/i tidak mengusulkan topiknya sendiri. Setiap dosen yang mengajukan topik *Capstone Project* akan secara langsung menjadi pembimbing pertama.

Bidang aplikasi/bidang pemanfaatan/bidang industri dalam *Capstone Project* adalah deskripsi luas/longgar tentang lingkup pemanfaatan dari hasil *Capstone Project* ini. Deskripsi ini mewakili/mesimulasikan jenis perusahaan/jenis industri tempat *engineer* teknik elektro dan teknologi akan informasi bekerja. Bidang aplikasi ini sebisa mungkin tidak membatasi pilihan teknologi yang akan digunakan. Contoh dari bidang aplikasi ini misalnya : bidang transportasi, bidang telekomunikasi, bidang manufaktur, bidang energi baru dan terbarukan, bidang manufaktur, militer, pertanian, pengelolaan infrastruktur, pendidikan dan sebagainya. Selain itu, topik ini nantinya dapat dikategorikan dalam konsentrasi di S1 Teknik Elektro. Bidang ini tidak akan membatasi pilihan teknologi atau metode yang akan diterapkan secara spesifik.

Masalah yang diusulkan oleh dosen merupakan masalah yang bersifat umum. Merujuk pada masalah tersebut, mahasiswa/i memformulasikan masalah *engineering*. Masalah yang kemudian akan diformulasikan mahasiswa/i harus terdefinisi dengan baik (jelas, tidak ambigu, tanpa jargon), riil (benar-benar ada masalah tersebut), solusinya akan *feasible* untuk dikerjakan dan *vable*. Perlu dipertimbangkan juga masalah tersebut harus bisa dipecahkan dalam waktu 2 semester oleh mahasiswa/i.

c. Proses *Bidding* Topik

Proses *bidding* dimulai dengan login ke Sistem Informasi *Capstone Project*. Mahasiswa/i yang *eligible* akan mendapatkan *login* NIM dan *password* masing-masing. Kemudian setelah masuk ke menu *Capstone Project*, terdapat daftar topik-topik *Capstone Project* yang ditawarkan oleh setiap dosen Teknik Elektro. Jumlah topik yang ditawarkan lebih banyak daripada jumlah kelompok mahasiswa/i (yang nanti akan dibentuk). Setiap topik dibatasi 10 orang pendaftar. Masing-masing mahasiswa/i dapat memilih maksimal 3 buah topik serta menentukan urutan prioritas dari topik-topik yang dipilih tersebut.

d. Pembentukan Kelompok

Capstone Project dilaksanakan secara berkelompok. Salah satu tujuannya adalah agar mahasiswa/i belajar untuk bekerja sama dan mengembangkan *softskills* yang diperlukan dalam pekerjaan mereka setelah lulus.

Sebab itu, pengelompokan ditentukan oleh setiap dosen pengampu topik. Tujuan pemilihan oleh dosen ini memungkinkan mahasiswa/i bekerja sama dengan kolega yang bukan

pilihannya. Pembentukan kelompok ini memaksimalkan diversitas terutama dalam hal prestasi, latar belakang, gender dan kemampuan. Setiap judul maksimal dapat diisi oleh 10 orang pendaftar dan setelah itu akan dipilih 2-3 orang (tergantung kebutuhan setiap topik). Mahasiswa/i yang tidak terpilih pada topik pilihan pertama, kedua maupun ketiga, maka tim pelaksana *Capstone Project* akan menentukan topik beserta kelompoknya untuk para mahasiswa/i tersebut. Keputusan Tim Pelaksana *Capstone Project* adalah mutlak dan tidak dapat diganggu gugat.

D. Dokumen Luaran Utama

a. C1 : *Project Proposal*

Project proposal (C1) adalah dokumen pertama yang dilaksanakan oleh mahasiswa/i setelah mendapatkan topik dan kelompok *Capstone Project* (CP). Dokumen ini berisi tujuan dan masalah yang harus dipecahkan berikut karakteristik solusi yang diharapkan. Masalah ini juga harus benar-benar perlu untuk dipecahkan. Masalah ini harus terformulasi dengan baik dan ditunjukkan dalam dokumen *design*. Hal yang harus ditunjukkan adalah bagaimana skenario penggunaan produk, apa atau berapa keuntungan dari produk yang dihasilkan dan juga telah mengetahui kendala dan parameter yang penting dari produk tersebut. Capaian yang diharapkan pada bagian *project proposal* ini adalah mahasiswa/i mampu menunjukkan aspek non teknis dari produk tersebut seperti aspek sosial, standar, lingkungan dan sejenisnya.

Dalam dokumen ini, yang paling penting mahasiswa/i telah dapat memformulasikan masalah keteknikan yang akan dipecahkan. Masalah yang harus diformulasikan merupakan kebutuhan konsumen yang akan dipecahkan dalam proses *Capstone Project*. Masalah ini harus bersifat riil, yang terinspirasi dari permasalahan keteknikan yang ditemukan dari kehidupan. Setidaknya ada data yang mendukung dan ada contoh skenario dimana masalah itu terjadi. Contoh masalah keteknikan di dunia nyata yang dapat dijadikan CP :

- Sistem pada kendaraan yang mencegah kecelakaan yang dikarenakan pengemudi mengantuk.
- Peralatan untuk mendeteksi pencurian di dalam fasilitas umum seperti kampus, terminal, dan lainnya.

Tentu saja masalah diatas hanya baik jika masalah tersebut memang nyata dan didukung data. Ada juga masalah yang tidak baik perumusannya, misal : perlu sistem meningkatkan minat baca untuk mencerdaskan bangsa Indonesia. (masalah ini bukan masalah *Engineering* dan terdapat jargon yang tidak jelas).

- Memperbaiki desain terdahulu agar lebih laku (ini bukan masalah dari user/pengguna yang perlu dipecahkan tetapi masalah dari desainer. Mungkin harus dicari mengapa tidak laku dan ditemukan masalah yang benar bagi *user*).
- Menemukan algoritma paling cepat untuk melakukan menyelesaikan permasalahan optimasi. (Ini bukan masalah yang bersifat keteknikan tetapi penelitian. Masalah keteknikan lebih jelas berapa cepat yang dibutuhkan, siapa yang memerlukan dan sebagainya).
- Pemanfaatan *deep learning* untuk memecahkan masalah penjadwalan praktikum. Sebelum design dilakukan sudah memperkenalkan jargon teknologi.
- Menentukan masalah yang akan dipecahkan bukan hal yang mudah, namun hal ini sangat penting.

Sering terlalu banyak *resources* digunakan untuk menjawab masalah yang tidak tepat. Dalam *Capstone Project*, seluruh *effort* pada dasarnya untuk memecahkan masalah yang didefinisikan pada C1 tersebut. Salah satu hal yang menunjukkan bahwa permasalahannya bersifat riil adalah dapat ditunjukkan dengan spesifik siapa yang membutuhkan/mempunyai masalah. Misalnya : yang membutuhkan adalah sopir yang bekerja lebih dari 8 jam per hari, misalnya Pak X sopir yang bekerja dari jam 7 sampai jam 6 sore. Ada setidaknya 20 sopir UMG dan 1500 sopir di Gresik yang seperti ini (didukung data). Para sopir ini bersedia mengeluarkan biaya untuk mengurangi resiko mengantuk. Contoh yang tidak jelas : sistem ini dibutuhkan oleh semua orang yang ingin berkendara dengan selamat. Semua orang tentu membutuhkannya.

Kriteria penilaian C1 adalah sebagai berikut :

- a. Kelengkapan dokumen
 - Tanda tangan pengusul dan pembimbing.
 - Kerangka dokumen benar.
- b. Formulasi masalah (bagian paling penting) :
 - Masalah jelas dan dapat dinyatakan dalam dua kalimat tanpa jargon.
 - Masalah dilihat dari kacamata *customer*.
 - Dapat menunjukkan contoh dimana terjadinya masalah.
- c. Analisis terhadap *constraint* :
 - Harus ada setidaknya 3 aspek diluar ekonomi, manufakturabilitas dan

sustainabilitas.

d. Analisis terhadap karakteristik produk yang diinginkan :

- Ada fungsi yang jelas dan fungsi tersebut memecahkan masalah yang disebutkan sebelumnya.
- Penjelasan tentang *traceability* setiap fungsi.

e. Pemilihan solusi

- Ada setidaknya 3 alternatif solusi yang berbeda secara signifikan.
- Pemilihan solusi dilakukan secara sistematis pemilihan solusi.

f. Skenario pemakaian *Stake holder* jelas

- Mampu mendeskripsikan bagaimana produk digunakan.

b. C2 : Spesifikasi Produk

Dokumen kedua yang harus dihasilkan adalah spesifikasi. Dokumen ini menjelaskan spesifikasi yang dibutuhkan untuk mengaplikasikan solusi atau metode yang diajukan pada dokumen C1. Solusinya harus merupakan produk dengan fungsi, kinerja dan karakteristik tertentu. Selain itu ditunjukkan rencana dan jadwal (*timeline*) pelaksanaan proyek dan pengujiannya.

Pada tahap ini dinilai kelayakan beban kerja dan biaya yang diperlukan selama proses *Capstone Project*. Selain itu, perlu disampaikan pada tahap ini cara menguji/mengukur spesifikasi yang dijanjikan. Pada tahap ini, C1 dan C2 akan dikumpulkan bersama-sama dan akan ada evaluasi terhadap dokumen ini. Spesifikasi harus memiliki sifat berikut :

- *Traceable*.
- Tidak ambigu.
- *Measurable/verifiable*.
- *Realistic*.
- *Abstract*.

Traceable artinya jelas alasan mengapa spesifikasinya demikian. Misalnya ditentukan produk yang dirancang harus dapat beroperasi tanpa daya listrik jala-jala (PLN). Alasannya jelas karena produk ini akan digunakan dalam melakukan olahraga *outdoor*.

Tidak ambigu artinya spesifikasi tersebut jelas/tidak bermakna ganda. Misalnya mungkin tidak tepat membuat spesifikasi bahwa produk yang dihasilkan bersifat *autonomous*. Kata *autonomous* bisa berarti macam-macam. Akan lebih baik misalnya disebutkan bahwa pengguna cukup menentukan tujuan *set point* dan jalur yang dilewati.

Verifiable artinya tertukar atau setidaknya dapat ditunjukkan. Misalnya kurang baik

menyatakan produk yang dihasilkan *user-friendly*. Mungkin lebih baik disebutkan misalnya untuk mengoperasikan produk ini hanya perlu menekan 3 tombol. Dapat juga disebutkan misalnya dari 10 mahasiswa/i, setidaknya 8 orang akan dapat menggunakan peralatan ini dalam waktu 15 menit (misalnya produk untuk mahasiswa/i).

Abstrak artinya spesifikasi mendeskripsikan fungsi dari sistem bukan bagaimana fungsi tersebut dilakukan/diimplementasikan. Misal spesifikasi yang baik : pengaduk dapat mencapai kecepatan putaran 300 RPM (*abstract*). Misal spesifikasi yang tidak baik : sedangkan pengaduk menggunakan mesin DC 35 watt (tidak *abstract*). Pilihan teknologi implementasi harus dilakukan pada waktu perancangan dengan mempertimbangkan beberapa pilihan.

Kriteria yang dinilai dalam tahap ini adalah sebagai berikut :

- a. Kelengkapan dokumen
 - Tanda tangan Pengusul dan Pembimbing.
 - Kerangka Dokumen yang benar.
- b. Definisi spesifikasi (bagian paling penting)
 - Abstrak.
 - *Verifiable*.
 - *Traceable*.
 - Jelas.
- c. Definisi pengujian spesifikasi
 - Untuk setiap item dalam spesifikasi, pengujiannya jelas metode dan besar yang akan diukur.
- c. C3 : Perancangan Alat

Proses perancangan teknis yang detail dan dimulai dari level tertinggi. Setidaknya pada setiap tahap ditunjukkan berbagai alternatif dan juga cara memilih secara rasional dan sistematis dari berbagai alternatif tersebut. Perlu dilakukan pula verifikasi dari keputusan tersebut. Setidaknya ada simulasi yang memverifikasi sistem/produk yang dirancang ini. Akan jauh lebih baik jika menghasilkan juga purwarupa awal. Dokumen perancangan yang dihasilkan adalah C3.

Dokumen ini menggambarkan pengambilan semua keputusan penting dalam merealisasikan produk. Hasilnya adalah sebuah dokumen yang dapat diberikan jika diberikan kepada teknisi atau *programmer* dapat menghasilkan produk yang diinginkan. Pada tahap ini diharapkan mahasiswa/i mampu menunjukkan pengambilan keputusan untuk mengoptimasi berbagai parameter dan *constrain* dalam perancangan. Dalam pengambilan keputusan ini mungkin diperlukan simulasi, perhitungan dan komparasi berbagai alternatif. Dokumen ini juga

mencantumkan daftar setiap komponen yang dibutuhkan (merek, jenis, harga, tempat pembelian dan lain-lain).

Pada dasarnya proses perancangan adalah pengambilan keputusan yang *iterative*. Artinya dilakukan secara berulang-ulang dari level tertinggi sampai level yang sangat detil. Perancangan tidak boleh hanya terpaku dengan satu kemungkinan pilihan. Harus dipertimbangkan banyak pilihan. Pemilihan alternatif harus dimulai dari awal sekali. Tidak hanya di level rendah/level-level akhir dari desain. Misalnya harus dipilih bagaimana arsitektur sistemnya, algoritma utama yang digunakan. Pilihan implementasi : *full hardware* atau analog atau sebagian berupa *software* di PC. Tidak dapat diterima jika alternatif yang diajukan hanyalah pemilihan komponen, *processor* ataupun sensor. Pada setiap tahap berbagai pilihan harus dianalisa dan ditentukan secara rasional. Faktor yang menjadi penentu dalam pemilihan seharusnya : spesifikasi, *constrain* dan kriteria yang ditentukan dalam C1. Banyak metode dapat digunakan misalnya: AHP (*Analytic Hierarchy Process*) dan HOQ (*House of Quality*). Verifikasi juga diperlukan pada setiap tahap. Verifikasi dapat berupa perhitungan dan simulasi. Simulasi, pengujian dan pembuatan purwarupa juga perlu dilakukan. Dalam bidang Teknik Elektro, suatu sistem yang cukup kompleks tidak mungkin sama sekali dirancang hanya dengan perhitungan. Sistem harus disimulasikan. Akan jauh lebih baik, jika dilakukan *prototyping* awal yang menunjukkan fungsi utama produk ini bisa diverifikasi.

Indikator dokumen C3 yang baik adalah sebagai berikut :

- a. Kelengkapan dokumen
 - Tanda tangan Pengusul dan Pembimbing.
 - Kerangka Dokumen yang benar.
- b. Mempertimbangkan beberapa alternatif design :
 - Alternatif solusi berada di level yang paling tinggi (setelah spesifikasi, misalnya blok diagram level 1).
 - Alternatif yang diusulkan berbeda dengan signifikan satu dan lainnya, setidaknya : lebih dari 4 perbedaan atau berbeda algoritma/komputasi utama atau berbeda implementasi (*hw/sw/mechanical*).
- c. Menunjukkan perancangan yang bersifat rasional dan atau sistematis :
 - Ada tabel perbandingan.
 - Ada metode tertentu secara kuantitatif memilih solusi.
 - Menjelaskan pemilihan solusi benar-benar mempertimbangkan requirement, spesifikasi, *constrain* (*traceable*).

- d. Berhasil melakukan perancangan yang bersifat *hierarchical* dan *iterative*
 - Ada diagram blok/DFD/sejenis dari level tertinggi sampai terendah.
 - Level terbawah merupakan fungsi software primitive atau rangkaian dengan komponen diskrit, IC atau *off the shelf* modul.
 - *Interface* antar blok jelas (contoh : *global variable/struck/level* tegangan/jenis *signal*/etc).
- e. Perancangan terdokumentasi dengan baik
 - Ada referensi komponen dan atau library yang digunakan.
 - Dokumen bersifat *self-explaining/self-sufficient*.
 - Menggunakan standar pemodelan yang baik : *flowchart*, rangkaian, UML.
- f. Menunjukkan verifikasi dan bukti dalam proses perancangan
 - Menunjukkan bahwa hasil rancangannya dapat bekerja dengan melakukan setidaknya simulasi fungsi total/utama, eksperimen.
- g. Dapat menunjukkan standar yang digunakan
 - Mencantumkan standar-standar yang digunakan, misalnya level tegangan, format data, *form factor* dan sejenisnya.
- h. Membuat perencanaan implementasi dan pengujian :
 - Setidaknya ada *gaant chart* yang menunjukkan jadwal, dependensi pekerjaan.
 - *Gaant chart* memperhitungkan waktu untuk integrasi, pengujian pertahap, pembelian komponen dan waktu pengiriman dan *debugging*.
 - Ada S-chart

Untuk setiap item dalam spesifikasi, pengujiannya harus jelas termasuk metode dan besaran yang akan diukur.

d. C4 : Implementasi

Implementasi hasil rancangan dilakukan pada tahap C4. Setiap bagian harus diimplementasikan satu per satu. Bagian terkecil harus diyakinkan bekerja dengan baik sebelum digabungkan dengan bagian lain. Hal yang harus diperhatikan pada proses ini adalah verifikasi fungsional setiap bagian dan setiap tahap integrasinya. Proses integrasi dan verifikasi perbagian ini harus didokumentasikan. Dokumen implementasi disebut C4. Dokumen C4 yang baik, dapat diberikan kepada teknisi, hasilnya berupa *source code*, *layout* PCB, *casing*, foto dan sebagainya terdokumentasi semua. Proses verifikasi per bagian dan juga cara mengintegrasikan setiap bagian juga harus terdokumentasi. Jadi yang ada pada dokumen ini termasuk cara meng-kompilasi, cara merakit dan sejenisnya. Pada akhir tahap ini, harus

dihasilkan purwarupa yang berfungsi dengan baik.

Untuk keperluan analisis dan evaluasi pada dokumen C4 harus ada daftar komponen meliputi harga/biaya yang telah benar-benar dikeluarkan, tipe dan tempat pembelian. Ditambahkan juga analisa biaya terhadap komponen yang digunakan. Misalnya apa yang menjadi biaya yang dominan, komponen yang sering rusak/perlu diganti dan sejenisnya.

Dokumen C4 yang baik setidaknya menunjukkan (masih dapat lebih baik lagi). Aspek dibawah ini yang akan dinilai oleh tim TA :

- a. Kelengkapan dokumen
 - Tanda tangan Pembimbing 1 dan 2.
 - Kerangka Dokumen yang benar.
- b. Implementasi dilakukan secara sistematis *bottom up* :
 - Mulai dari level terbawah.
 - Catatan ketidak-idealan implementasi berupa S-chart/S-diagram yang membandingkan rencana dan implementasi.
- c. Verifikasi dilakukan setiap tahap :
 - Menunjukkan verifikasi per tahap.
- d. Implementasi terdokumentasi dengan baik
 - Untuk setiap item harus ada dokumentasinya.
 - Ada photo perbagian/gambar untuk setiap menu.
- e. Ketuntasan implementasi
 - Fungsi utama sudah dapat ditunjukkan.
 - Fungsi-fungsi lain dapat ditunjukkan.

e. C5 : Pengujian

Pengujian (C5) pada tahap ini mahasiswa/i diminta untuk menguji purwarupanya. Setidaknya ada dua hal yang perlu diujikan :

1. Apakah purwarupa tadi memenuhi fungsi dan kinerja yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi yang dijanjikan. Hal ini meliputi fungsional, kinerja dan juga aspek/karakteristik lain misalnya bentuk, ukuran dan berat.
2. Sejauh mana produk yang dihasilkan memecahkan masalah yang didefinisikan (C1). Analisis kelebihan dan kekurangan produk yang dihasilkan dalam memecahkan masalah yang disebutkan pada C1.

Pengujian ini harus dijelaskan metodenya dan juga dijelaskan secara statistik jumlah dan kepercayaan dari pengujian ini. Selain itu juga disiapkan demo pengujian yang diperlukan

untuk tahap selanjutnya yakni pameran.

Hal lain yang dapat ditambahkan dari pengujian ini adalah *stress test/pain test* yaitu pengujian produk dalam keadaan ekstrim/batas kerja maksimum. Misalnya selama apa produk yang dihasilkan dapat bekerja, kecepatan maksimum, suhu kerja maksimum dan sejenisnya. Untuk semua pengujian harus ada prosedur, hasil dan analisisnya.

Pada dokumen C5, aspek dibawah ini yang akan dinilai oleh tim TA :

- a. Kelengkapan dokumen
 - Tanda tangan Pengusul dan Pembimbing.
 - Kerangka Dokumen yang benar.
- b. Pengujian fungsional (paling penting) :
 - Setiap fungsi yang ada dalam spesifikasi diuji.
 - Ada pengujian yang sifatnya kualitatif.
 - Prosedur pengujian dilakukan sesuai rancangan.
 - Prosedur untuk demo dibuat dan diverifikasi.
- c. Pengujian spesifikasi lain :
 - Spesifikasi non fungsional seperti ukuran, berat dan lainnya dicantumkan dalam dokumen.
 - Foto/rekaman pengujian ditunjukkan dalam dokumen.
- d. *Pain tes/stress test* :
 - Ada pain test/stress test untuk menguji kehandalan ataupun waktu kerja maksimum

E. Hal-Hal Umum Dalam Pelaksanaan TA

a. Bimbingan *Capstone Project*

Dalam pelaksanaan *Capstone Project*, mahasiswa/i harus selalu berkonsultasi dengan dosen pembimbing. Sangat tidak diharapkan mahasiswa/i menemui dosen *Capstone Project* hanya pada saat memerlukan tanda-tangan untuk dokumen yang diperlukan. Setidaknya diharapkan untuk setiap dokumen yang dihasilkan (termasuk makalah dan buku *Capstone Project*), mahasiswa/i setidaknya bertemu dengan pembimbingnya paling tidak (minimal) sebanyak tiga kali. Diskusi bimbingan ini harus didokumentasikan dengan rapi dan tercatat dalam *logbook*.

b. Kegiatan dalam *Capstone Project*

Pelaksanaan *Capstone Project*, mahasiswa/i berupa diskusi kelompok, mencari

informasi, menentukan berbagai pilihan, mendetailkan rancangan, dokumentasi, coding, pengujian dan sebagainya. Semua kegiatan ini harus tercatat dalam *logbook* berikut dengan tanggal dan lokasinya. Hal ini sangat berguna untuk men-trace dikemudian hari alasan setiap pengambilan keputusan. Setidaknya setiap mahasiswa/i diharapkan menggunakan waktu setidaknya 15 jam setiap minggunya untuk melaksanakan *Capstone Project*.

c. Kelas *Capstone Project*

Pada *Capstone Project 1*, peserta wajib menghadiri perkuliahan yang dilaksanakan satu minggu sekali. Kuliah ini sangat penting karena membahas berbagai hal : proses *engineering design*, berbagai penjelasan mengenai *Capstone Project*, tata tulis ilmiah, materi mengenai komunikasi dalam *engineering*, dan lainnya. Sebagian akan diisi oleh alumni/pembicara dari industri.

Pada *Capstone Project 2*, tidak setiap minggu ada perkuliahan. Perkuliahan akan diumumkan sebelumnya. Dalam satu kelompok, setidaknya harus ada seorang yang hadir dalam kuliah *Capstone Project 2*. Semua pengumuman yang disampaikan di kelas, harus dianggap resmi, dan diikuti.

d. Dokumentasi

Hasil utama *Capstone Project* adalah dokumen. Dokumen yang baik merekam semua proses yang berlangsung, dan juga dapat digunakan untuk produksi/implementasi. Dokumen design dan implementasi yang baik, jika diberikan kepada teknisi/ programmer yang baik dapat digunakan untuk menghasilkan produk yang sama. Jadi dokumen C-100 – C-500 harus dikerjakan dengan sangat serius. Dokumen-dokumen C-100 – C-500 ini harus ditanda tangani oleh pembimbing. Selain itu, dokumen harus diberi tanggal dan rekaman revisi yang telah dilakukan.

F. Pihak-Pihak Dalam Pelaksanaan TA

a. Peserta *Capstone Project*

Peserta *Capstone Project* (CP) merupakan mahasiswa/i yang mengambil mata kuliah proposal skripsi dan skripsi. Peserta kuliah ini akan dikelompokkan per 3 orang oleh Tim Pelaksana *Capstone Project*. Setiap kelompok mengerjakan satu topik/masalah *Engineering design*. Pada dasarnya pengerjaan, evaluasi, bimbingan dan kelulusan dilakukan per kelompok, kecuali kasus-kasus khusus yang ditentukan oleh kaprodi TE.

b. Pembimbing *Capstone Project*

Pada dasarnya pembimbing *Capstone Project* merupakan dosen yang bertanggung jawab dan mengusulkan topik CP. Pembimbing CP ini setidaknya dua orang untuk setiap kelompok. Kedua dosen ini harus ditentukan di tahap awal CP dan harus selalu dikonsultasi oleh

mahasiswa/i.

Dosen pembimbing bertindak seperti konsultan dalam proses *Capstone Project*. Dosen pembimbing ini juga ikut menentukan dalam kelulusan dan penilaian, terutama skripsi dan pendadaran.

c. *Tim Capstone Project* dan dosen kelas

Tim Capstone Project adalah tim yang terdiri dari beberapa dosen TE yang bertugas memastikan pelaksanaan *Capstone Project* sesuai dengan konsep dan tujuan perkuliahan. Pada dasarnya tim ini mengelola setiap proses *Capstone Project* mulai dari pengumpulan usul topik, pelaksanaan setiap tahap, evaluasi, penilaian sampai dengan kelulusan. Tim ini juga mengawal semua tim peserta CP agar mengikuti tahap dan metode yang berlaku. Tim CP sangat menentukan dalam kelulusan dan penilaian terutama proposal skripsi.

Dosen kelas bertanggung jawab secara administratif dalam perkuliahan dan penilaian CP. Pada dasarnya personel dosen kelas akan sama dengan tim CP. Semua kelas secara praktis akan sama.

G. Dokumen Luaran Lainnya

Selain dokumen perancangan/design C-100 – C-500, peserta dan kelompok *Capstone Project* juga harus menghasilkan item dan dokumen lain yang harus disiapkan menurut jadwal yang ditentukan. Hal ini diperlukan untuk kelengkapan design, promosi, evaluasi dan penilaian CP. Dokumen dan item ini sangat menunjang proses pencapaian learning outcome dari kuliah. Dokumen/item ini adalah sebagai berikut :

a. Gantchart/Rencana implementasi dan pengujian

Dokumen ini berisi detail rencana jadwal implementasi dan pengujian per kelompok. Rencana implementasi dan pengujian ini harus cukup detail. Setiap tahap harus dipecah/dibagi sedemikian hingga per item kurang dari 1 minggu/5 hari kerja. Rencana kerja ini dimulai dari minggu 1 semester pada pengambilan skripsi dan pendadaran sampai selesai proses pengajuan purwarupa dan dokumentasinya. Setiap tahap harus diberi bobot dan dijadwalkan. Sedemikian hingga dapat direncanakan dan dievaluasi kemajuan proses implementasi dan pengujian. Dokumen ini sangat diperlukan pada proses evaluasi C-400, C-500, dan juga dengan dosen pembimbing.

b. Video

Setiap kelompok TA harus membuat video. Video yang harus dibuat bertujuan (1) mempromosikan produk yang dikembangkan, (2) menjelaskan cara kerja produk tersebut. Total durasi video 4-7 menit termasuk *title* dan *acknowledgment*. Pembuatan video ini bertujuan untuk melatih peserta TA menyampaikan ide dan produknya secara visual. Hal ini

termasuk dalam kemampuan berkomunikasi. Penilaian TA dan juga Best Engineering Promotion Award akan memasukkan unsur video ini.

c. *Buku Capstone Project*

Setiap peserta *Capstone Project* (CP) harus pula membuat buku CP sesuai dengan aturan DIKTI. Buku *Capstone Project* di prodi S1 TE ini sifatnya sebagai pelengkap informasi yang ada pada dokumen design. Oleh karena itu diharapkan isinya tidak terlalu redundan. Walaupun begitu tentu ada bagian yang perlu diulang agar buku ini cukup jelas untuk dibaca. Jika pada dokumen design fokusnya adalah proses dan hasil design, maka titik berat buku CP ada pada analisis terhadap hasil dan proses CP, pengetahuan pendukung, dan juga (jika ada/tidak harus) unsur novelty. Buku CP ini sebaiknya tidak terlalu tebal (<30 halaman). Namun setidaknya berisi :

Pendahuluan tentang tujuan/masalah yang ingin dipecahkan, batasan/cpnstraint, bagian spesifik yang dikerjakan (karena buku ini bersifat perorangan). Dasar teori berisi survei dan pengetahuan pendukung yang langsung digunakan dalam proses perancangan. Perancangan dan implementasi berisi rangkuman singkat : spesifikasi, proses perancangan, proses implementasi, dan deskripsi hasil rancangan. Semuanya diuraikan secara sesingkat-singkatnya.

Analisis yang merupakan bagian utama buku TA. Isinya mengenai analisis hasil TA apakah berhasil memecahkan masalah, mengapa berhasil/tidak berhasil, bagaimana memperbaikinya. Adakah hal yang ditemukan atau pengetahuan yang didapat pada proses pelaksanaan TA. Mungkin 50% buku TA berisi bagian ini. Kesimpulan dan saran perbaikan yang didapat setelah mengerjakan *Capstone Project* dan menganalisisnya.

d. *Poster*

Setiap kelompok TA harus membuat sebuah poster setelah C-400 diselesaikan. Poster yang harus dibuat bertujuan (1) mempromosikan produk yang dikembangkan, (2) menjelaskan cara kerja produk tersebut. Poster berukuran A0. Pembuatan poster ini bertujuan untuk melatih peserta TA menyampaikan ide dan produknya secara visual kepada masyarakat awam/umum dan juga orang yang cukup ahli mengenai bidang ini. Hal ini termasuk dalam kemampuan berkomunikasi. Penilaian TA akan memasukkan unsur poster ini. Perlu diingat sebagian dari poster harus bisa dimengerti semua orang, sedangkan bagian lain harus cukup dalam untuk menjelaskan aspek design dan implementasi produk.

e. *Powerpoint presentasi*

Setiap kelompok TA harus membuat powerpoint yang digunakan untuk presentasi pada siding *Capstone Project*. Presentasi ini harus (1) menjelaskan setiap tahap perancangan mulai dari masalah, spesifikasi, perancangan, implementasi sampai pengujian, (2) menjelaskan

pekerjaan setiap anggota kelompok. Perhatian ekstra harus diberikan dalam menjelaskan trade off dan constraint yang dilakukan. Total waktu presentasi 20-25 menit untuk seluruh anggota kelompok secara bergantian. Disarankan jumlah slide yang disiapkan 25-50 *slide*. Mungkin perlu juga disiapkan slide untuk menjawab pertanyaan yang mungkin akan muncul. Setiap kelompok sangat disarankan berlatih mempresentasikannya bersama dosen pembimbing dan rekan peserta TA lain. Presentasi, makalah dan purwarupa/demosntrasi merupakan alat utama yang digunakan penguji untuk menentukan kelulusan penilaian.

f. Makalah perorangan dan kelompok

Setiap peserta *Capstone Project* harus pula membuat makalah perorangan dan juga makalah kelompok. Makalah perorangan dapat ditulis dalam bahasa Indonesia maupun bahasa Inggris. Makalah kelompok ditulis dalam bahasa Inggris. Makalah ini akan digunakan oleh penguji untuk mempelajari *Capstone Project* yang akan dinilai, sebab itu isinya harus cukup lengkap. Format yang digunakan adalah format IEEE Conference Paper (2 kolom).

Makalah ini berisi :

- Pendahuluan tentang tujuan/masalah yang ingin dipecahkan, pentingnya masalah yang dipecahkan, bagaimana masalah itu dihadapi sebelum ada produk yang dikembangkan.
- Survey dari produk yang sudah ada.
- Spesifikasi.
- Proses perancangan.
- Proses implementasi.
- Proses pengujian.
- Analisis (seperti pada buku TA tetapi lebih singkat).
- Kesimpulan.

g. Deskripsi Katalog

Deskripsi katalog berisi no kelompok, nama produk, deskripsi singkat produk, dan foto. Katalog ini akan disatukan dan dijadikan katalog dalam Expojur. Tujuannya untuk memberikan informasi singkat pada pengunjung Expojur. Setiap kelompok dianjurkan juga membuat flyer dari produknya, Flyer ini tentunya pengembangan dari deskripsi katalog diatas.

H. Jadwal Pelaksanaan *Capstone Project*