

PEDOMAN PELAKSANAAN CAPSTONE DESIGN

DESEMBER 2021

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA**

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	i
1. Pendahuluan.....	2
2. Tahapan dan Detail Pelaksanaan Capstone Design.....	4
3. Dokumen Pendukung Capstone Design.....	6
3.1 Proposal (D-1).....	6
3.2 Spesifikasi (D-2).....	6
3.3 Perancangan (D-3).....	7
3.4 Implementasi (D-4).....	7
3.5 Pengujian (D-5).....	9
4. Pembimbingan dan Pelaporan.....	10
4.1 Kegiatan Pembimbingan.....	10
4.2 Sistem Informasi.....	10
4.3 Dokumentasi.....	10
Referensi.....	iii

1. Pendahuluan

Capstone design merupakan puncak pengalaman mahasiswa Sarjana dalam menciptakan inovasi/cetak biru dalam desain teknik. Dalam hal ini, Departemen Teknik Elektro mewajibkan mahasiswa menerapkan *capstone design* dalam mata kuliah Tugas Akhir atau Skripsi maupun pada mata kuliah lain seperti system tertanam. Mahasiswa harus mampu memanfaatkan dan menerapkan ilmu yang telah dipelajari sebelumnya dengan proses *engineering* yang dilakukan dengan benar dalam perancangan dan pembuatan produk.

Perancangan dan pembuatan produk sebagai *capstone design* harus mampu merefleksikan penerapan pengetahuan yang telah diterima di perkuliahan serta penerapan *soft skill*. Oleh karenanya, tujuan pelaksanaan *capstone design* harus mencakup hal-hal sebagai berikut:

1. Mengaplikasikan proses *engineering* untuk menyelesaikan masalah di dunia nyata.
2. Meningkatkan aspek *soft skill* mahasiswa yang meliputi kemampuan komunikasi, koordinasi, kerjasama, dan tanggung jawab.
3. Luaran *capstone design* berbentuk purwarupa/produk disertai analisis *engineering* yang memadai Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) 3, yakni adanya pembuktian konsep secara analitis dan eksperimental.

Pelaksanaan *capstone design* di Program Studi S1 Teknik Elektro FT.USU dilaksanakan dalam dua bentuk, baik sebagai bagian dari Tugas Akhir melalui mata kuliah Metode Penelitian dan Tugas Akhir, maupun sebagai bagian proyek mata kuliah.

Capstone design fokus pada *Engonering Design* seperti yang diuraikan oleh *Accreditation Board for Engineering and Technology* (ABET). *Engineering Design* didefinisikan sebagai proses merakit sebuah system, komponen maupun proses untuk memenuhi kebutuhan dan spesifikasi yang diminta dalam batasan tertentu. Proses yang terlibat bersifat *iterative, creative, decision-making* yang melibatkan keilmuan dasar sains, matematika, dan *engineering untuk mengubah sumber daya menjadi solusi*. Dalam prosesnya terdapat aspek:

- *identifying opportunities*
- *developing requirements*
- *performing analysis and synthesis*
- *generating multiple solutions*
- *evaluating solutions against requirements*

- *considering risks, and making trade-offs*

Sebagai penjelasan definisi di atas, maka implementasi *capstone design* adalah:

- a. Luaran *capstone design* adalah purwarupa atau produk yang bermanfaat untuk memecahkan masalah.
- b. Pembuatan *capstone design* melibatkan proses identifikasi beberapa solusi yang mungkin.
- c. Pembuatan *capstone design* harus mendefinisikan spesifikasi yang diinginkan.
- d. Dalam *capstone design* harus terdapat proses analisis dan sintesis.
- e. *Capstone design* harus dapat memunculkan solusi lebih dari satu dan mengevaluasi setiap solusi terhadap spesifikasi yang dibutuhkan.
- f. *Capstone design* harus menguraikan kelebihan dan kekurangan dari setiap solusi dan memunculkan solusi yang mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan tersebut.
- g. Purwarupa maupun produk yang dihasilkan berupa piranti keras maupun piranti lunak dengan uraian spesifikasi, prinsip kerja dan panduan operasional.
- h. Purwarupa maupun produk yang dihasilkan dapat berbentuk simulasi yang disertai uraian spesifikasi, prinsip kerja dan panduan operasional.
- i. Purwarupa maupun produk yang dihasilkan harus diserahkan ke Departemen Teknik Elektro melalui Dosen Pembimbing.

2. Tahapan dan Detail Pelaksanaan Capstone Design

Dokumen yang dihasilkan dalam tahapan *capstone design* terdiri dari:

1. Proposal (D-1)

Berisi rumusan masalah di kehidupan sehari-hari yang akan diselesaikan menggunakan *capstone design*.

2. Spesifikasi (D-2)

Berisi spesifikasi produk maupun potensi paten sebagai solusi terhadap permasalahan pada D-1.

3. Perancangan (D-3)

Berisi dokumen desain untuk merealisasikan produk pada D-2.

4. Implementasi (D-4)

Berisi dokumen implementasi hasil desain pada D-3. Isi dokumen dapat berupa: layout hasil produk, *prototype*, *source code*, dan panduan penggunaan.

5. Pengujian (D-5)

Berisi hasil pengujian produk yang telah dibuat pada D-4, misal hasil uji coba fungsionalitas produk. Hasil pengujian produk harus dapat memecahkan masalah sebagaimana tertera pada dokumen D-1, sesuai spesifikasi yang tercantum dalam D-2.

Tahapan pelaksanaan terdiri dari:

1. Inisiasi: Meliputi persetujuan pembimbing *capstone design* dan pembentukan kelompok minimal 2 orang.
2. Proposal (D-1): Pengerjaan sebagai bagian Tugas Akhir diawali saat mengambil mata kuliah DTE-4251 Metode Penelitian (Penulisan Proposal / Penyusunan Skripsi TA-1) selama 1-semester. Perbaikan dokumen proposal tugas akhir dilakukan melalui bimbingan dengan dosen pembimbing sampai sebelum seminar proposal.
3. Pengerjaan *capstone design* melalui proyek mata kuliah diawali dari pengambilan mata kuliah sampai selesai mata kuliah.
4. Spesifikasi (D-2), Perancangan (D-3), Implementasi (D-4) dan Pengujian (D-5) dilaporkan sebelum kelulusan mahasiswa dari pembelajaran di lingkungan Departemen Teknik Elektro.

Persyaratan mahasiswa peserta *Capstone Design*:

1. Berbentuk kelompok dengan jumlah minimal 2 orang
2. Memiliki komitmen dengan dosen pembimbing.
3. Khusus Tugas telah menyelesaikan mata kuliah Metode Penelitian dan telah lulus mata kuliah minimal 110 SKS.
4. Untuk Tugas Akhir, mahasiswa telah lulus semua CPMK mata kuliah yang telah diikuti. Jika belum, maka wajib mengikuti ujian komprehensif.

Topik *capstone design*:

1. Pada bidang Teknik Energi Listrik, Teknik Komputer dan Teknik Telekomunikasi
2. Lingkup aplikasi meliputi bidang kesehatan, pendidikan, pertanian, telekomunikasi, transportasi, militer, manufaktur, atau sesuai arahan dosen Pembimbing.
3. Khusus Tugas Akhir, telah lulus semua CPMK mata kuliah yang telah diikuti. Jika ada mata kuliah yang belum lulus CPMK, maka harus mengikuti ujian komprehensif.
4. Mengikuti proses konsultasi dengan calon dosen pembimbing.
5. Hal-hal yang disarankan sebagai berikut diserahkan kepada Dosen Pembimbing, yakni:
 - Pembentukan kelompok penelitian *capstone design* yang berkelanjutan
 - Pelaksanaan *capstone design* berkelompok
 - Keterlibatan mahasiswa dan *capstone design* dengan penelitian dosen pembimbing

Proses bidding *capstone design*:

1. Dosen dan mahasiswa melakukan interaksi mengenai judul dan anggota kelompok dan dilaporkan pada form *capstone design*.
2. Konsultasi dilakukan langsung dengan dosen pembimbing sampai proyek *capstone design* selesai.
3. Mahasiswa maupun dosen melengkapi dokumen administrasi yang diperlukan.

Untuk pengajuan *capstone project* sebagai bagian Tugas Akhir, mahasiswa harus melengkapi dokumen administrasi Tugas Akhir dan diajukan ke Prodi S1 Teknik Elektro.

3. Dokumen Pendukung Capstone Design

3.1 Proposal (D-1)

Selain berisi materi yang terkait dengan proposal penelitian seperti latar belakang, solusi terkait, focus pembahasan, perumusan masalah, tujuan, pembatasan masalah, manfaat penelitian, tinjauan dasar teori yang dibutuhkan dan metodologi penelitian terkait, proposal juga harus meringkas hal-hal sebagai berikut:

- a. Formulasi masalah (bagian paling penting):
 1. Masalah jelas dan dapat dinyatakan dalam dua kalimat.
 2. Masalah dilihat dari sudut pandang pengguna
 3. Dapat menunjukkan contoh dimana terjadinya masalah
- b. Analisis melibatkan setidaknya 3 aspek diluar ekonomi, manufakturabilitas, dan sustainabilitas terhadap konstrain. Analisis mencakup:
 1. Ada fungsi yang jelas dan fungsi tersebut memecahkan masalah yang disebutkan sebelumnya.
 2. Penjelasan tentang traceability setiap fungsie.
- c. Pemilihan solusi:
 1. Ada setidaknya (minimal) 2 alternatif solusi yang berbeda secara signifikan
 2. Pemilihan solusi dilakukan secara sistematis
- d. Skenario pemakaian *stake holder* jelas
 1. Mampu mendeskripsikan bagaimana produk digunakan.
 2. Mampu memelihara agar produk dapat beroperasi dengan baik dalam jangka panjang.
 3. Mampu menjaga (tidak merusak) lingkungan.

Contoh dokumen proposal terlampir pada Lampiran D-1a dan D-1b.

3.2 Spesifikasi (D-2)

Dokumen spesifikasi (D2) menunjukkan solusi yang realistis untuk memecahkan masalah pada D-1. Solusinya harus merupakan produk dengan fungsi, kinerja, dan karakteristik tertentu. Selain itu ditunjukkan rencana pengerjaan dan pengujiannya. Pada tahap ini dinilai kelayakan beban kerja dan biaya yang diperlukan selama proses Tugas Akhir. Selain itu, perlu disampaikan pada tahap ini cara menguji/mengukur spesifikasi yang dijanjikan.

Dokumen D-2a selalu direvisi sesuai perkembangan penelitian. Dokumen D-2a minimal memberikan uraian spesifikasi, kesesuaian dengan solusi, aspek ekonomis, kapabilitas, rencana penerapan, deskripsi fungsi, kebutuhan hardware dan software serta kebutuhan non-fungsional. Selain itu, deskripsi produk dapat dikembangkan jika memiliki potensi invensi atau paten (Dokumen D-2b).

3.3 Perancangan (D-3)

Pada dasarnya proses perancangan adalah pengambilan keputusan yang iterative. Artinya dilakukan berulang-ulang dari level tertinggi sampai ke level yang sangat detail. Perancangan tidak boleh hanya terpaku dengan satu kemungkinan pilihan. Harus dipertimbangkan banyak pilihan. Pemilihan alternative harus dimulai dari awal sekali. Tidak hanya di level rendah/level-level akhir dari design. 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 alternative 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, konstrain dan kriteria yang ditentukan dalam D-1. 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 prototype 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.

3.4 Implementasi (D-4)

Implementasi hasil rancangan dilakukan pada D-4. 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 D-4. Dokumen D-4 yang baik, dapat diberikan kepada teknisi.

Hasilnya berupa source code, layout PCB, casing, photo dan sebagainya yang terdokumentasi semua. Proses verifikasi per bagian dan juga cara mengintegrasikan setiap bagian juga harus terdokumentasi. Jadi yang ada pada dokumen ini termasuk cara mengkompile, cara merakit, dan sejenisnya. Pada akhir tahap ini, harus dihasilkan prototype yang berfungsi dengan baik.

Untuk keperluan analisis dan evaluasi pada dokumen D-4 harus ada daftar komponen meliputi harga/biaya yang telah benar-benar dikeluarkan, type, dan tempat pembelian. Ditambahkan juga analisa biaya terhadap komponen yang digunakan. Misalnya apa yang menjadi biaya yang dominan, komponen apa yang sering rusak/perlu diganti, dan sejenisnya.

Dokumen D-4 yang baik setidaknya menunjukkan (masih dapat lebih baik lagi). Aspek dibawah ini yang akan dinilai oleh tim TA:

Kelengkapan dokumen:

1. Tanda Tangan Pengusul dan Pembimbing
2. Kerangka Dokumen benar

Implementasi dilakukan secara sistematis bottom up:

1. Mulai dari level terbawah
2. Catatan ketidak-idealan implementasi berupa S-Chart/S-Diagram yang membandingkan rencana dengan implementasi

Verifikasi dilakukan setiap tahap:

1. Menunjukkan verifikasi per tahap

Implementasi terdokumentasi dengan baik:

1. Untuk setiap item harus ada dokumentasinya
2. Ada photo perbagian/gambar untuk setiap menu

Ketuntasan implementasi:

1. Fungsi utama sudah dapat tunjukan
2. Fungsi-fungsi lain dapat ditunjukan

3.5 Pengujian (D-5)

Pengujian (D-5), pada tahap ini mahasiswa diminta untuk menguji prototypenya. Setidaknya ada dua hal yang perlu diujikan:

1. Apakah prototype 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, berat
2. Sejauh mana produk yang dihasilkan memecahkan masalah yang didefinisikan (D-1). Analisis kelebihan dan kekurangan produk yang dihasilkan dalam memecahkan masalah yang disebutkan pada D-1.

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 (IFDays).

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.

Dokumen D-5 yang baik setidaknya menunjukkan (masih dapat lebih baik lagi). Aspek dibawah ini yang akan dinilai oleh tim TA:

Pengujian fungsional (paling penting):

1. Setiap fungsi yang ada dalam spesifikasi diuji
2. Ada pengujian yang sifatnya kualitatif
3. Prosedur pengujian dilakukan sesuai rancangan
4. Prosedur untuk demo dibuat dan diverifikasi

Pengujian spesifikasi lain:

1. Spesifikasi non fungsional seperti ukuran, berat, dan lainnya dicantumkan dalam dokumen
2. Photo/rekaman pengujian ditunjukkan dalam dokumen

4. Pembimbingan dan Pelaporan

4.1 Kegiatan Pembimbingan

Mahasiswa wajib melaksanakan bimbingan Tugas Akhir kepada dosen pembimbing minimal 2 kali dalam 1 bulan. Proses bimbingan harus dilakukan secara periodik dan tercatat.

Bimbingan *capstone design* dapat dilaksanakan pada saat di kelas maupun di luar kelas, dengan menyesuaikan waktu dosen pembimbing.

4.2 Sistem Informasi

Sistem informasi untuk pelaksanaan *capstone design* dilaporkan ke link terkait yang dikelola oleh Departemen Teknik Elektro FT USU.

4.3 Dokumentasi

Dokumentasi yang dibutuhkan dilaporkan melalui link di seksi 4.2 sesuai ketentuan dokumen pada seksi 3.

Referensi

- [1] Pedoman Capstone Design Fakultas Teknik USU.
- [2] Pedoman Pelaksanaan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro FT USU. 2017.
- [3] Pedoman Pelaksanaan Tugas Akhir Capstone Design Program Studi Teknik Elektro ITB. 2018.
- [4] Pedoman Pelaksanaan Tugas Akhir Capstone Design Program Studi Teknik Elektro UGM. 2018.