



PANDUAN CAPSTONE DESIGN

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

— TAHUN 2024 —



Panduan Pelaksanaan

Capstone Design



Disusun oleh:

Tim Pelaksana Capstone Project

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS TEKNOLOGI
UNIVERSITAS CIPTA MANDIRI
2024**



UNIVERSITAS CIPTA MANDIRI

Jalan Lintas Barat Sumatera, Peunaga Cut Ujong
Kecamatan Meureubo, Kabupaten Aceh Barat, Aceh 23615
Website: <https://uncm.ac.id> Email: info@uncm.ac.id Telp/HP: 082183260141

KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS SAINS TEKNOLOGI UNIVERSITAS CIPTA MANDIRI (UNCM)
Nomor : 01.123/FST/131018/VIII/2024

TENTANG
PENETAPAN DAN PENYUSUNAN PEDOMAN CAPSTONE DESIGN
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS SAINS TEKNOLOGI
UNIVERSITAS CIPTA MANDIRI

Dekan Fakultas Sains Teknologi Universitas Cipta Mandiri dengan ini :

- Menimbang** :
- a. bahwa dalam rangka mendukung pencapaian kompetensi lulusan Program Studi Teknik Elektro, perlu dilaksanakan pembelajaran yang mengintegrasikan pengetahuan, keterampilan, dan kemampuan pemecahan masalah melalui kegiatan **Capstone Design**;
 - b. bahwa pelaksanaan Capstone Design memerlukan pedoman sebagai acuan bagi mahasiswa, dosen pembimbing, Program Studi, dan pihak terkait dalam perencanaan, pelaksanaan, pembimbingan, penilaian, dan evaluasi kegiatan;
 - c. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud pada huruf a dan b, perlu menetapkan Pedoman Capstone Design Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Cipta Mandiri Tahun 2024 dengan Keputusan Dekan.
- Mengingat** :
1. Undang – undang nomor 20 tahun 2003 tentang sistem pendidikan;
 2. Peraturan Pemerintah nomor 14 tahun 2010 tentang pendidikan Kedinasan;
 3. Peraturan Pemerintah Nomor 17 tahun 2010 tentang pengelolaan dan penyelenggaraan pendidikan;
 4. Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
 5. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
 6. Permendikbudristek Nomor 53 Tahun 2023 tentang Penjaminan Mutu Pendidikan Tinggi;
 7. Keputusan Ketua Yayasan Hajjah Rohani Thaher Nomor : 001/SK-IST/VI/2024 tentang Pengangkatan Rektor Universitas Cipta Mandiri (UNCM);
 8. Statuta Universitas Cipta Mandiri Nomor: 027/YHRT/VII/2024;
 9. Peraturan Rektor Universitas Cipta Mandiri tentang Organisasi dan Tata Kerja;

MEMUTUSKAN

- Menetapkan**
- KESATU** : Menetapkan Pedoman Capstone Design Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Cipta Mandiri Tahun 2024 sebagaimana tercantum dalam lampiran yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Keputusan ini.
- KEDUA** : Pedoman Capstone Design sebagaimana dimaksud pada Diktum KESATU disusun sebagai acuan dalam pelaksanaan kegiatan Capstone Design yang meliputi perencanaan, pengajuan dan pemilihan topik, pembentukan tim, pelaksanaan proyek, pembimbingan, monitoring, presentasi, penilaian, dan evaluasi.
- KETIGA** : Pedoman Capstone Design menjadi acuan bagi Program Studi Teknik Elektro, dosen, mahasiswa, dan pihak terkait dalam melaksanakan kegiatan Capstone Design sesuai dengan kurikulum dan standar akademik yang berlaku di Universitas Cipta Mandiri.
- KEEMPAT** : Pelaksanaan dan evaluasi Pedoman Capstone Design dilakukan secara berkala sebagai bagian dari upaya peningkatan mutu pembelajaran dan penyesuaian terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta kebutuhan dunia kerja.



UNIVERSITAS CIPTA MANDIRI

Jalan Lintas Barat Sumatera, Peunaga Cut Ujong
Kecamatan Meureubo, Kabupaten Aceh Barat, Aceh 23615

Website: <https://uncm.ac.id> Email: info@uncm.ac.id Telp/HP: 082183260141

KELIMA : Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan, dengan ketentuan apabila di kemudian hari terdapat kekeliruan akan diperbaiki sebagaimana mestinya.



Ditetapkan di : Aceh Barat
Pada Tanggal : 23 Agustus 2024
Dekan FST.

Syahrul Mohd Hadiid Thaariq, MSi
NIDN. 1325089102

Tembusan Yth :

1. Ketua Dewan Pembina Yayasan Hajjah Rohani Thaher
2. Ketua Dewan Pengurus Yayasan Hajjah Rohani Thaher
3. Rektor Universitas Cipta Mandiri
4. Arsip

Daftar Isi

I. Penjelasan Umum.....	3
II. Proses Pelaksanaan	5
III. Tahapan dan Detail Pelaksanaan <i>Capstone Project</i>	9
IV. Dokumen Luaran Utama	12
V. Implementasi.....	19
VI. Pengujian	21
VII. Hal-Hal Umum dalam Pelaksanaan TA.....	23
VIII. Pihak-pihak dalam pelaksanaan TA	25
IX. Dokumen luaran lainnya	26
X. Jadwal Pelaksanaan <i>Capstone Project</i>	29

I. Penjelasan Umum

Pelaksanaan konsep *Capstone Project* pada mata kuliah Tugas Akhir 1 dan Tugas Akhir 2 dijelaskan pada dokumen ini 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 Teknik Elektro (TE) dalam mengatasi masalah teknis di kehidupan nyata dan / atau masalah sosial, serta meneliti masalah, mengembangkan solusi untuk memecahkan masalah, keterampilan berkomunikasi, dan kerja sama tim. Selain hal tersebut, di dalam *capstone Project* ini terdapat pula konten yang menekankan terhadap perilaku keputusan dan kebijakna 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 TE adalah konsep EDP yang merupakan hal utama yang dipelajari dalam perkuliahan ini. Setiap lulusan sarjana TE FTI Unissula 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 dalam melaksanakan EDP tersebut.

Capstone Project ini merupakan kulminasi dari kuliah-kuliah sebelumnya yang telah dipelajari dan diselesaikan oleh seorang mahasiswa. Dalam pengertian lain, pada kuliah ini, mahasiswa diharapkan dapat memanfaatkan dan menunjukan pengetahuan dan pengalaman yang diperoleh setelah mengikuti kuliah-kuliah pada tahun I, II dan III. Sedangkan perkuliahan yang dirancang dapat diambil pada saat yang sama (pilihan atau wajib tahun IV), merupakan perkuliahan yang sifatnya sebagai perkuliahan penunjang, yang secara umum tidak menjadi syarat kuliah ini. Berdasarkan ketentuan ABET (*Accreditation Board for Engineering and Technology*), maka luaran utama dari *Capstone Project* adalah dokumen perancangan yang dapat digunakan untuk mendesain

sebuah purwarupa atau produk (perangkat keras/perangkat lunak/simulasi). Secara formal, *Capstone Project* memfasilitasi seorang mahasiswa untuk:

1. Memahami dan mengaplikasikan proses *engineering* yang baik melalui berdasarkan pengalamannya menjalani siklus proses perancangan rekayasa yang lengkap pada sebuah kasus penyelesaian masalah rekayasa nyata (*capstone Project*).
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 TE. Selain itu, perlu diperhatikan bahwa *Capstone Project* bukan bertujuan untuk penelitian yang mendapatkan kebaruan (*novelty*), melainkan demonstrasi kemampuan yang akan diterapkan untuk praktek profesional setelah kandidat menyelesaikan prasyarat studi.

II. Proses Pelaksanaan

Sesuai dengan Kurikulum 2024, pelaksanaan *Capstone Project* dilakukan dalam dua semester, dengan pembagian beban SKS pada semester pertama memiliki bobot 2 SKS, sedangkan pada semester kedua memiliki bobot 4 SKS. *Capstone Project* ini harus menghasilkan produk yang memecahkan masalah keteknikan yang spesifik dan dilakukan dengan metode yang benar. Menurut dokumen ABET, disebutkan definisi sebagai 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 TE.
- Proses perancangan merupakan *decision making process*, atau proses pengambilan keputusan yang harus dilakukan dengan sistematis dan rasional. Proses pengambilan keputusan ini harus terdokumentasi dengan baik. Pengambilan keputusan ini mulai dari level yang tertinggi/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 *constrain* yang berkaitan dan standar yang berlaku. Hal ini sangat membedakan dengan penelitian, dimana keadaan luar dianggap ideal. *Constrain* ini contohnya tingkat pendidikan *user*, kondisi lingkungan, *constrain* ekonomis, lingkungan, kondisi eksisting dan lainnya. Dalam proses ini, akan diperlukan banyak *trade-off* untuk mendapatkan hasil yang optimum dalam *constrain* yang ada.

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

1. Proposal: mahasiswa telah memaparkan masalah yang akan diselesaikan, disertai dengan menunjukkan bahwa masalah tersebut memang nyata. (E-100)
2. Penentuan spesifikasi: berisi spesifikasi sistem yang akan dirancang untuk memecahkan masalah. (E-200)
3. Perancangan: mahasiswa dapat mengambil semua keputusan penting dalam merealisasikan produk. (E-300)
4. Implementasi: mahasiswa selesai mengimplementasi hasil rancangan. Hasil keluarannya berupa *source code*, desain skematik dan *board* PCB, *casing*, grafik atau tabel hasil simulasi dan hal-hal yang berbubungan langsung dengan rancangan. Hasil luaran tersebut juga telah dipastikan terdokumentasi dengan baik, dan juga purwarupa yang dirancang dapat diuji. (E-400)
5. Pengujian: pada tahap ini mahasiswa telah melakukan pengujian terhadap purwarupa yang dirancang. Setidaknya, terdapat dua hal yang perlu menjadi pokok pengujian: (1) apakah purwarupa tadi memenuhi fungsi dan kinerja yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi yang dijanjikan, dan (2) sejauh mana produk yang dihasilkan memecahkan masalah yang didefinisikan. (E-500)

Kelima tahap diatas dilakukan dalam mata kuliah Tugas Akhir 1 dan Tugas Akhir 2. Ketiga tahap pertama dilaksanakan pada Tugas Akhir 1 di Semester 7 dan menghasilkan pemodelan awal. Apabila hasil pemodelan awal tidak dapat memperlihatkan hasil yang memuaskan, maka tahapan pertama (Tugas Akhir 1) dinyatakan gagal dan harus mengulangi kembali mengikuti prosedur yang berlaku. Pada paruh kedua (Tugas Akhir 2), diharapkan mahasiswa melakukan (jika perlu perbaikan perancangan), implementasi, pengujian, dan mempersiapkan demonstrasi serta presentasi. Mahasiswa tidak diperkenankan untuk menumpuk semua proses di Semester 8, karena proses perencanaan merupakan proses yang memerlukan ketekunan tinggi, melibatkan banyak keilmuan serta perbaikan pada setiap langkahnya. Secara lebih detil, proses pelaksanaan *Capstone Project* ini dijabarkan dalam tabel berikut:

No	Tujuan	Cara
1	Mahasiswa mempelajari metode untuk menjelaskan hal-hal keteknikan yang kompleks keberagaman audience 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 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 mempelajari permasalahan, perumusan, <i>Engineering</i> design dan mendapatkan pengalaman untuk menerapkannya secara terintegrasi	Melaksanakan proses <i>Engineering</i>
4	Mahasiswa melakukan proses perancangan dan meneliti suatu sistem yang kompleks.	Perancangan Topik
5	Mahasiswa mempelajari strategi untuk dapat bekerja di dalam tim secara efektif dan efisien	Melaksanakan proses <i>Engineering</i>
6	Mahasiswa mempelajari proses perancangan proyek kerekayasaan dengan memperhatikan aspek-aspek ekonomi, lingkungan, sustainabilitas, manufakturabilitas, etika, kesehatan dan keselamatan, social serta politik.	Perencanaan Topik
7	Mahasiswa diperkenalkan dengan ketrampilan mengelola proyek kerekayasaan	Melaksanakan proses <i>Engineering</i>
8	Mahasiswa diperkenalkan pada dampak dari	Melaksanakan proses <i>Engineering</i>

No	Tujuan	Cara
	Standard <i>Engineering</i> pada spesifikasi kebutuhan.	
9	Mahasiswa mengalami proses mengintegrasikan konsep dari berbagai topik di mata kuliah inti.	Perancangan Topik
10	Mahasiswa harus dapat mengaplikasikan praktek dan teknik <i>Engineering</i> modern.	Perancangan Topik

III. Tahapan dan Detail Pelaksanaan *Capstone Project*

Tahapan pelaksanaan terdiri dari:

1. Inisiasi: meliputi persetujuan pembimbing dan pembentukan kelompok minimal 2 orang oleh Tim *Capstone Project*.
2. Proposal (E-100): Pengerjaan proposal sebagai bagian *Capstone Project* diawali saat mahasiswa mengambil Mata Kuliah Tugas Akhir 1 selama 1 semester. Perbaikan dokumen proposal tugas akhir dilakukan melalui bimbingan dengan dosen pembimbing sapa sebelum seminar proposal.
3. Spesifikasi (E-200), Perancangan (E-300) dilakukan pada saat pengambilan mata kuliah Tugas Akhir 1.
4. Implementasi (E-400) dan Pengujian (E-500) dilakukan saat mengambil mata kuliah Tugas Akhir 2.
5. Semua tahap dalam *Capstone Project* dilaporkan sebelum kelulusan mahasiswa dari pembelajaran di lingkungan Program Studi Teknik Elektro

a. Mahasiswa yang diperbolehkan menjadi Peserta

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

- Sudah lulus setidaknya 120 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 bersangkutan diperbolehkan untuk melakukan pengisian KRS Tugas

Akhir 1 dan mengikuti proses *Capstone Project*.

b. Topik yang ditawarkan

Bidang aplikasi/bidang pemanfaatan/bidang industri dalam *Capstone Project* adalah deskripsi luas/longgar tentang lingkup pemanfaatan dari hasil *Capstone Project* ini. Deskripsi ini mewakili/mensimulasikan 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, militer, pertanian, pengelolaan infrastruktur, pendidikan dan sebagainya. Selain itu, topik ini nantinya dapat dikategorikan dalam konsentrasi sistem kendali dan sistem tenaga. Bidang ini tidak 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 memformulasikan masalah *engineering*. Masalah yang kemudian akan diformulasi mahasiswa harus terdefinisi dengan baik (jelas, tidak ambigu, tanpa jargon), real (benar-benar ada masalah tersebut), solusinya akan *feasible* untuk dikerjakan dan *viable*. Perlu dipertimbangkan juga masalah tersebut harus bisa dipecahkan dalam waktu 2 semester oleh mahasiswa.

c. Proses *Bidding* Topik

1. Dosen dan mahasiswa melakukan interaksi mengenai judul dan dilaporkan pada form *Capstone Project*
2. Konsultasi dilakukan langsung dengan dosen pembimbing sampai proyek *Capstone Project* selesai.
3. Mahasiswa maupun dosen melengkapi dokumen administrasi yang diperlukan pada e-learning.

d. Pembentukan Kelompok

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

Sebab itu, pengelompokan ditentukan oleh tim *Capstone Project*. Tujuan pemilihan oleh tim *Capstone Project* 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 kelompok minimal 2 orang dan maksimal 4 orang. Keputusan Tim Pelaksana *Capstone Project* adalah mutlak dan tidak dapat diganggu gugat.

IV. Dokumen Luaran Utama

a. Proposal

Proposal adalah dokumen pertama yang dilaksanakan oleh mahasiswa setelah mendapatkan topik dan kelompok *Capstone Project*. 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 menunjukan aspek nonteknis dari produk tersebut seperti aspek sosial, standar, lingkungan dan sejenisnya.

Dalam dokumen ini, yang paling penting mahasiswa 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 keamanan pada kendaraan yang mencegah kecelakaan yang diakibatkan dari sopir yang mengantuk
- Peralatan untuk mendeteksi akan terjadinya bencana alam pada suatu wilayah.

Tentu saja masalah tersebut 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 tidakjelas).

- Memperbaiki *design* terdahulu agar lebih laku. (Ini bukan masalah dari user/pengguna yang perlu dipecahkan tetapi masalah dari designer. Mungkin harus dicari mengapa tidak laku dan

ditemukan masalah yang benar bagi user).

- Menemukan algoritma paling cepat untuk melakukan menyelesaikan permasalahan optimisasi. (Ini bukan masalah yang bersifat keteknikan tetapi penelitian. Masalahketeknikan lebih jelas berapa cepat yang dibutuhkan, siapa yang mernerlukan 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 usaha pada dasarnya untuk memecahkan masalah yang telah didefinisikan. Salah satu hal yang menunjukkan bahwa permasalahannya bersifat riil adalah dapat ditunjukan dengan spesifik siapa yang rnembutuhkan/mempunyai masalah. Misalnya: yang membutuhkan adalah sopir yang bekerja lebih dari 8 jam per hari, misalnya Pak X sopir yang bekerja mulai dari jam 7 sampai jam 6 sore. Ada setidaknya 20 sopir di Unissula, dan 1500 sopir di Semarang 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 Proposal Tugas Akhir adalah bagai berikut:

Kelengkapan dokumen:

- Tanda Tangan Pengusul dan Pembimbing
- Kerangka Dokumen benar

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

Analisis terhadap *constrain*:

- Harus ada setidaknya 3 aspek diluar ekonomi, manufakturabilitas, dan sustainabilitas

Analisis terhadap karakteristik produk yang diinginkan:

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

Pemilihan solusi:

- Ada setidaknya lebih dari 1 alternatif solusi yang berbeda secara signifikan
- Pemilihan solusi dilakukan secara sistematis

Skenario pemakaian Stake holder jelas

- Mampu mendeskripsikan bagaimana produk digunakan.

b. Spesifikasi Produk

Dokumen kedua yang harus dihasilkan adalah spesifikasi. Dokumen ini menjelaskan spesifikasi yang dibutuhkan untuk mengaplikasi solusi atau metode yang diajukan pada dokumen Proposal Tugas Akhir. 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. 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 olah raga *outdoor*.

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

Verifiable artinya terukur 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, setidaknya 8 orang akan dapat menggunakan peralatan ini dalam waktu 15 menit (misalnya produk untuk mahasiswa).

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 dalam tahap ini adalah sebagai berikut:

Kelengkapan dokumen:

- Tanda Tangan Pengusul dan Pembimbing
- Kerangka Dokumen benar

Definisi spesifikasi (bagian paling penting):

- Abstrak
- *Verifiable*
- *Traceable*
- Jelas

Definisi pengujian spesifikasi:

- Untuk setiap item dalam spesifikasi, pengujiannya jelas metode dan besar yang akan diukur.

c. Perancangan Alat

Proses perancangan teknis yang detail dan di mulai dari dari level tertinggi. Setidaknya pada setiap tahap ditunjukkan berbagai alternatif dan juga cara memilih secara rasional dan sistematis dari berbagai alternative 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 ini menggambarkan pengambilan semua keputusan penting dalam merealisasikan produk. Hasilnya adalah sebuah dokumen yang dapat diberikan jika diberikan kepada teknisi atau programer dapat menghasilkan produk yang diinginkan. Pada tahap ini diharapkan mahasiswa/i mampu menunjukan 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 berulang-ulang dari level tertinggi sampai ke level yang sangat detil. 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, *constrain*, dan kriteria yang ditentukan. 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 yang baik adalah sebagai berikut:

Kelengkapan dokumen:

- Tanda Tangan Pengusul dan Pembimbing
- Kerangka Dokumen benar

Mempertimbangkan beberapa alternative 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.

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, *constraint*.

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)

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

Menunjukkan verifikasi dan bukti dalam proses perancangan:

- Menunjukkan bahwa hasil rancangannya dapat bekerja dengan melakukan setidaknya simulasi fungsi total/utama, eksperimen

Dapat menunjukkan standar yang digunakan:

- Mencantumkan standar-standar yang digunakan, misalnya level tegangan, format data, form *factor*, dan sejenisnya

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.

V. Implementasi

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 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 purwarupa yang berfungsi dengan baik.

Untuk keperluan analisis dan evaluasi pada dokumen ini, maka 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. Aspek dibawah ini yang akan dinilai oleh tim Tugas Akhir:

Kelengkapan dokumen:

- Tanda tangan dari Pembimbing 1 dan 2
- Kerangka dokumen benar

Implementasi dilakukan secara sistematis *bottom up*:

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

Verifikasi dilakukan setiap tahap:

- Menunjukan verifikasi per tahap

Implementasi terdokumentasi dengan baik:

- Untuk setiap item harus ada dokumentasinya

- Ada photo perbagian/gambar untuk setiap menu

Ketuntasan implementasi:

- Fungsi utama sudah dapat tunjukan
- Fungsi-fungsi lain dapat ditunjukan

VI. Pengujian

Pada tahap ini mahasiswa 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, berat
- (2) sejauh mana produk yang dihasilkan memecahkan masalah yang telah didefinisikan. Analisis kelebihan dan kekurangan produk yang dihasilkan dalam memecahkan masalah yang telah disebutkan.

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. Aspek dibawah ini yang akan dinilai oleh tim TA:

Kelengkapan dokumen:

- Tanda Tangan Pengusul dan Pembimbing
- Kerangka Dokumen benar

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

Pengujian spesifikasi lain:

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

Pain test/stress test:

- Ada pain test/stress test untuk menguji kehandalan ataupun waktu kerja maksimum

VII. 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 empat 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 Tugas Akhir 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 Tugas Akhir 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.

VIII. Pihak-pihak dalam pelaksanaan TA

a. Peserta *Capstone Project*

Peserta *Capstone Project* (CP) merupakan mahasiswa/i yang mengambil kuliah Tugas Akhir 1 dan Tugas Akhir 2. Peserta kuliah ini akan dikelompokkan per 2-4 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 ketua program studi.

b. Pembimbing *Capstone Project*

Pada dasarnya pembimbing *Capstone Project* merupakan dosen yang bertanggungjawab. Pembimbing CP ini setidaknya satu orang untuk setiap kelompok. Dosen pembimbing ini harus ditentukan di tahap awal CP dan harus selalu dikonsultasi oleh mahasiswa. Dosen pembimbing bertindak seperti konsultan dalam proses *Capstone Project*. Dosen pembimbing ini juga ikut menentukan dalam kelulusan dan penilaian, terutama Tugas Akhir 1 dan Tugas Akhir 2.

c. Tim *Capstone Project*

Tim *Capstone Project* adalah tim yang terdiri dari beberapa dosen yang bertugas memastikan pelaksanaan *Capstone Project* sesuai dengan konsep dan tujuan perkuliahan. Pada dasarnya tim ini mengelola setiap proses *Capstone Project* mulai dari pembentukan kelompok, pelaksanaan setiap tahap, evaluasi, penilaian, sampai dengan kelulusan. Tim ini juga mengawal semua tim peserta *Capstone Project* agar mengikuti tahap dan metode yang berlaku. Tim *Capstone Project* sangat menentukan dalam kelulusan dan penilaian terutama Tugas Akhir. Tim juga bertanggung jawab secara administratif dalam perkuliahan dan penilaian *Capstone Project*. Pada dasarnya personel dosen kelas akan sama dengan tim *Capstone Project*. Semua kelas secara praktis akan sama.

IX. Dokumen luaran lainnya

Selain dokumen perancangan/design, 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 *Capstone Project*. 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 pengujian 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 dan juga bimbingan dengan dosen pembimbing.

b. Video

Setiap kelompok Tugas Akhir 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 Tugas Akhir menyampaikan ide dan produknya secara visual. Hal ini termasuk dalam kemampuan berkomunikasi. Penilaian Tugas Akhir dan juga *Best Engineering Promotion Award* akan memasukan unsur video ini.

c. Laporan *Capstone Project*

Setiap peserta harus pula membuat laporan *Capstone Project* sesuai dengan aturan DIKTI.

Laporan *Capstone Project* di program studi TE ini sifatnya wajib sebagai laporan terlaksananya capstone project. Laporan *Capstone Project* ini berisi proposal dan dilengkapi dengan hasil implementasi dan pengujian.

Pendahuluan tentang tujuan/masalah yang ingin dipecahkan, Batasan/*constrain*, 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 laporan Tugas Akhir. Isinya mengenai analisis hasil Tugas Akhir apakah berhasil memecahkan masalah, mengapa berhasil/tidak berhasil. Bagaimana memperbaikinya. Adakah hal yang ditemukan atau pengetahuan yang didapat pada proses pelaksanaan Tugas Akhir. Mungkin 50% buku Tugas Akhir berisi bagian ini. Kesimpulan dan saran perbaikan yang didapat setelah mengerjakan *Capstone Project* dan menganalisisnya

d. Poster

Setiap kelompok Tugas Akhir harus membuat sebuah poster setelah menyelesaikan tugasnya. Poster yang harus dibuat bertujuan (1) mempromosikan produk yang dikembangkan, (2) menjelaskan cara kerja produk tersebut. Poster berukuran AO. Pembuatan poster ini bertujuan untuk melatih peserta Tugas Akhir menyampaikan ide dan produknya secara visual kepada masyarakat awam/umum dan juga orang yang cukup ahli/mengenal bidang ini. Hal ini termasuk dalam kemampuan berkomunikasi. Penilaian Tugas Akhir akan memasukan 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 Tugas Akhir 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 Tugas Akhir lain. Presentasi, makalah dan purwarupa/demonstrasi merupakan alat utama yang digunakan penguji untuk menentukan kelulusan dan penilaian.

f. Makalah kelompok

Setiap peserta *Capstone Project* harus pula membuat makalah kelompok. Makalah kelompok ditulis dalam Bahasa Inggris. Template makalah mengikuti jurnal yang dituju untuk melakukan publikasi. Makalah ini akan digunakan oleh penguji mempelajari *Capstone Project* yang akan dinilai,

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

X. Jadwal Pelaksanaan *Capstone Project*

Berikut jadwal detail / *timeline* mengenai pelaksanaan *Capstone Project* untuk setiap tahun ajaran

Periode	Capstone 1 (TA 1)	Capstone 2 (TA 2)
Minggu ke 1 dan 2 Agustus	Pendaftaran/registrasi Capstone Mahasiswa, melalui KRS	
Minggu ke 3 Agustus	Pembentukan kelompok Capstone	
Minggu ke 4 Agustus	Bidding topik Capstone	
Minggu ke 1 September	Diskusi internal tim Capstone	
Minggu ke 2 September	Sosialisasi/ Pendahuluan tentang <i>Capstone Project</i>	
Minggu ke 3 September- Oktober	Dosen dan mahasiswa berdiskusi tentang topik yang akan diambil sebagai <i>Capstone Project</i>	
Nopember- Desember	Identifikasi masalah di mitra	
Januari- Februari	Menentukan solusi	
Maret- April	Spesifikasi	
Mei-Juli	Perancangan Sistem	
Agustus	Penyerahan dokumen Proposal <i>Capstone Project</i>	
Agustus	Mahasiswa melakukan presentasi proposal ke dosen pembimbing dan penguji	

Periode	Capstone 1 (TA 1)	Capstone 2 (TA 2)
September-Nopember		Mahasiswa membuat alat dan melakukan implementasi serta upload dokumen implementasi
Desember- Januari		Pengujian: Mahasiswa melakukan verifikasi dan upload dokumen verifikasi
Februari		Ujian
Maret		Pameran Produk