

INOVASI PENGEMBANGAN MODUL DIGITAL UNTUK PENDIDIKAN TINGGI MELALUI KOMBINASI METODE 4D, MODEL TOMLINSON DAN *CHUNKING*

**Reza Abdu Rahman¹, I Geda Eka Lesmana¹, Rovida C. Hartantrie¹, Muhammad
Nurtanto²**

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila,

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Korespondensi: reza.a@univpancasila.ac.id

ABSTRAK

Urgensi yang tinggi dalam pemanfaatan teknologi untuk pelaksanaan pembelajaran menuntut peran aktif dari pendidik untuk terus melakukan pengembangan modul. Untuk memberikan tahapan proses pengembangan modul yang fleksibel, studi ini memberikan contoh secara spesifik terkait manfaat kombinasi metode 4D (*Define, Design, Develop, dan Disseminate*) sebagai landasan awal yang digabungkan dengan model Tomlinson dan metode chunking untuk materi yang diangkat pada modul. Proses define menjadi kunci terpenting sebagai modal awal dalam menentukan materi dan keterkaitannya dengan materi yang lain. Proses desain digunakan menggunakan urutan yang spesifik, melibatkan berbagai fungsi diagram alir dan penentuan materi berdasarkan karakteristik dari materi yang telah didefinisikan. Penggunaan Garis Besar Program Media memberikan kemudahan dalam proses desain *storyboard* sebagai acuan untuk proses pengembangan. Setelah modul berhasil dikembangkan, maka proses penyebarluasan menggunakan alamat hosting tersendiri dipilih karena dapat dengan mudah diintegrasikan dengan *platform* pembelajaran digital lainnya. Studi ini diharapkan membantu untuk memberikan tahapan yang lebih konkrit dan *fleksibel* bagi para pengembang modul ajar, khususnya berbasis *digital*.

Kata kunci: *Chunking, HTML 5, Model 4D, Media Pembelajaran Digital, Model Tomlinson*

ABSTRACT

The high urgency in the use of technology for the implementation of learning requires the active role of educators to continue to develop modules. To provide a flexible stage of the module development process, this study provides specific examples on the benefits of the combination between 4D methods (Define, Design, Develop, and Disseminate) as the initial basis which is combined with the Tomlinson model and chunking method for the material creation in the module. The define process is the most important key as an initial basis to determine the material and its relationship to other objects. The design process is used by using a specific sequence, involving various flow chart functions and determining the material based on the characteristics of the material that has been defined. The use of the Media Program Outline (GBPM) provides convenience in the storyboard design process as a reference for the development process. After the module has been successfully developed, the deployment process using a separate hosting address is chosen because it can be easily integrated with other digital learning platforms. This study is expected to help provide a more concrete and flexible stage for developers of teaching modules, especially digital-based ones.

Keywords: 4D Model, Chunking, Digital learning media, HTML 5, Tomlinson.

PENDAHULUAN

Prinsip pengembangan berkelanjutan dalam pendidikan merupakan prinsip yang sangat penting untuk terus dilanjutkan pada proses pendidikan formal khususnya. Pengembangan dari aspek kurikulum, model dan media pembelajaran selalu mengikuti dengan tuntutan kebutuhan pada era tersebut. Pengembangan kurikulum umumnya dilakukan oleh pemegang kebijakan pendidikan dan juga unit penyelenggara program pendidikan. Model dan media pembelajaran merupakan ujung tombak dalam model penyelenggaraan pendidikan karena ini dilakukan oleh pendidik, baik itu dosen maupun guru (Sorin-Ioan, Paul, & Livia, 2012).

Pada pendidikan tinggi khususnya untuk program Strata I pada program studi teknik mesin, banyak materi yang bersifat abstrak dan pada beberapa aspek hal ini memberikan kesulitan bagi mahasiswa untuk memahami konsep tersebut (Shi, 2010). Terlebih dengan adanya disrupsi pada generasi masa sekarang yang dapat dipandang sebagai satu tantangan pada pelaksanaan pendidikan tinggi. Dalam hal ini, maka peran pengembangan model dan media pembelajaran sebagai langkah inovatif harus dilakukan oleh dosen untuk mewujudkan proses pembelajaran yang efektif dan mampu mencapai target capaian pembelajaran pada mata kuliah tersebut (Ma, 2017). Hal ini diperkuat dengan adanya perubahan model pembelajaran dari tatap muka menjadi daring dikarenakan adanya pandemi pada sejak Maret tahun 2020 hingga menjelang akhir tahun 2021.

Secara prinsip, adanya disrupsi dari generasi mahasiswa pada masa sekarang dan transformasi pembelajaran menjadi daring memiliki benang merah yang sama yakni pembiasaan penggunaan teknologi dalam proses pembelajaran. Terlebih, teknologi ini juga memberikan keuntungan tersendiri karena mampu mendukung pemberian konsep materi yang abstrak menjadi lebih nyata melalui pemanfaatan media pembelajaran digital. Pada akhirnya, inovasi media digital melalui pengembangan modul digital menjadi suatu keharusan bagi pendidik (Cheng et al., 2013). Pemanfaatan modul digital dalam pembelajaran pada dasarnya memberikan keuntungan bagi dosen dan mahasiswa dalam proses pembelajaran jika mampu dikemas dengan baik (Liang, 2020).

Inovasi modul digital yang dikembangkan tentunya harus memperhatikan beberapa karakteristik mendasar dari topik atau materi pada mata kuliah tersebut. Sebagai contoh penggunaan simulator berbasis *web* cocok digunakan untuk pendidikan rekayasa dan vokasi otomatis dimana ada peningkatan capaian kemampuan motorik yang lebih baik dari peserta didik pada program ini (Ordaz, Romero, Gorecky, & Siller, 2015). Pendekatan yang disusun secara lebih terarah dan terdiri dari beberapa tingkatan pemahaman cocok untuk dikembangkan pada mata kuliah yang bersifat transisi (Said, Sutadji, & Sugandi, 2016). Metode pemodelan untuk memberikan kesan nyata melalui pengembangan media pembelajaran model *web* memberikan keuntungan untuk pencapaian indikator pembelajaran yang lebih baik (Hongyu, Yupeng, & Chuang, 2018).

Bentuk penyajian materi pembelajaran juga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap capaian pembelajaran. Kombinasi pembelajaran digital dan tekstual memungkinkan untuk pencapaian yang lebih baik, khususnya untuk materi yang bersifat komprehensif dan membutuhkan analisis mendalam (Kurniawan, 2020). Pembelajaran daring dapat menjadi katalis yang berguna untuk mempercepat pemahaman konsep materi yang abstrak (Torrisi & Davis, 2000). Simulasi unjuk kerja untuk konsep abstrak melalui penyajian media interaktif mampu mengatasi hambatan dalam pemahaman bagi mahasiswa dalam belajar (Kaplan & Issi, 2017). Pada prinsipnya, seluruh pemanfaatan media pembelajaran digital memberikan pengaruh yang baik dalam proses belajar, terutama untuk kegiatan yang membutuhkan simulasi bagi pendidikan vokasi dan juga pemahaman tingkat tinggi untuk konsep yang abstrak, khususnya pada bidang teknik mesin.

Tantangan terbesar dalam mengembangkan modul digital adalah bagaimana menghasilkan produk media yang memiliki kesesuaian yang baik antara materi pembelajaran dan juga model penyajian media. Pada studi ini, proses pengembangan modul digital dalam bentuk *web* disajikan secara terperinci, khususnya terkait tahapan pendefinisian, desain dan disemenasi, untuk memberikan satu acuan yang lebih spesifik dalam pengembangan modul digital untuk pendidikan tinggi khususnya. Proses pembuatan dan konsep modul dituliskan secara ringkas dan padat agar mudah diadopsi dan dikembangkan lebih lanjut oleh pembaca. Kombinasi dari beberapa metode memberikan keleluasaan bagi desainer modul (dalam hal ini tim pendesain) untuk menuangkan ide kreatifnya dengan tetap berpegangan pada aturan-aturan dalam pengembangan media pembelajaran.

METODE PELAKSANAAN

Metode yang digunakan terdiri dari tiga jenis metode yang diadaptasi berdasarkan karakteristik dari bentuk pengembangan modul digital. Ketiga metode ini memberikan keuntungan bagi desainer untuk menghasilkan produk modul digital yang komprehensif dan dapat dikembangkan sesuai dengan karakteristik dari materi yang akan dijadikan acuan dalam pengembangan modul. Metode ini terdiri dari metode 4D atau Thiargajan model (Ratiyani, Subchan, & Hariyadi, 2014) yang dijadikan sebagai dasar penentuan model dari modul. Berlanjut ke metode kedua yakni Tomlinson model untuk menentukan acuan material pada modul (Harsono, 2015). Dan metode terakhir sebagai bentuk penguatan adalah metode *chunking* (Effendy & Sari, 2019) untuk menguatkan fungsi aspek kognitif dari materi yang dikembangkan.

Metode 4D terdiri dari langkah *define*, *design*, *develop* dan *disseminate*. Langkah *define* digunakan untuk menentukan aspek utama dari pembelajaran yang akan dilaksanakan. Dalam studi ini, mata kuliah yang dipilih adalah mesin konversi energi dengan topik pembahasan motor bakar pada mesin konversi energi. Kajian motor bakar pada mesin konversi energi merupakan kajian transisi yang digunakan setelah mata kuliah termodinamika dan menjadi syarat untuk mata kuliah motor bakar. Pada langkah *design*, dipilih model diagram alir dari modul yang dikembangkan berdasarkan karakteristik materi umum pada topik motor bakar. Selanjutnya tahap *develop* sebagai tahap produksi dari desain yang dihasilkan dan terakhir adalah penyebaran (*disseminate*) ke publik sebagai bentuk penyebaran modul yang dikembangkan.

Tomlinson model menjabarkan enam belas (16) prinsip pengembangan materi ajar. Prinsip tersebut disarikan ke dalam delapan (8) pokok penting untuk material ajar yakni

1. Memiliki dampak pada pengguna
2. Kemudahan dalam penggunaan
3. Membangun kepercayaan pengguna untuk yakin terhadap kemampuannya
4. Berguna dan memiliki kegunaan yang tinggi
5. Memungkinkan pelajar untuk eksplorasi lebih lanjut
6. Siap digunakan
7. Masukan yang bersifat autentik
8. Meminimalisir *gap* istilah yang ada.

Model 4D dan Tomlinson diperkuat dengan metode *chunking* yang secara prinsip berfungsi untuk menggabungkan informasi (atau konten terkait dengan materi pembelajaran) pada kelompok yang sama..

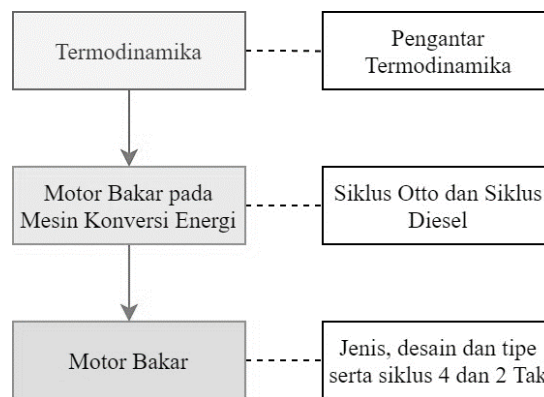
HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses analisis mengacu kepada dua pertanyaan besar yakni *who* and *how*. *Who* sebagai representasi target pengguna dan *how* bagaimana pengguna mengakses modul ini.



Gambar 1: Hubungan antar topik dengan mata kuliah prasyarat dan lanjutan

Aspek keterkaitan antara mata kuliah membuat topik motor bakar pada mesin konversi energi sangat penting untuk dijadikan sebagai titik kritis materi. Hubungan ini diperlihatkan pada Gambar 1.

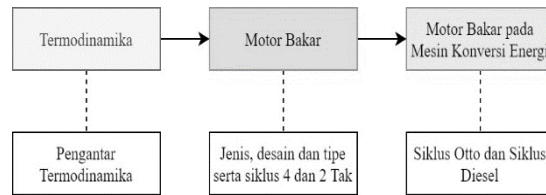


Gambar 2: Topik pada mata kuliah prasyarat dan lanjutan yang saling berhubungan

Terlihat bahwa motor bakar pada mesin konversi energi merupakan materi lanjutan untuk termodinamika dan akan digunakan untuk mata kuliah berikutnya yang secara spesifik membahas tentang motor bakar. Dari analisis hubungan antar topik, maka diturunkan menjadi susunan keterkaitan antar topik pada mata kuliah yang berbeda berdasarkan Gambar 1. Hasilnya adalah diperoleh topik penting yang harus dimasukkan ke dalam modul berdasarkan keterkaitan topik pada mata kuliah berbeda (Gambar 2.).

Hubungan antar topik telah diperoleh maka selanjutnya bagaimana membuat urutan materi yang sesuai dengan karakteristik topik yang dibahas. Mengacu ke prinsip pengembangan materi Tomlinson dan juga prinsip metode *chunking*, maka susunan materi yang dibuat harus memperhatikan keberlangsungan dan kesesuaian antar topik pada mata kuliah yang berbeda. Hal ini yang menjadi landasan mengapa urutan topik tidak bisa dibuat hanya berdasarkan urutan mata kuliah. Kajian mendalam dilakukan dan menunjukkan bahwa urutan topik yang sesuai harus dibuat berdasarkan pola pada Gambar 3.

Landasan penting yang harus dimasukkan ke dalam pertimbangan adalah termodinamika menjadi pokok dasar untuk kajian motor bakar sebagai mesin konversi energi. Oleh karenanya, pengantar motor bakar tetap harus dimasukkan meskipun sudah dilalui oleh pelajar karena ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi secara spesifik terkait pemanfaatan termodinamika pada motor bakar, sesuai dengan prinsip metode *chunking*.



Gambar 3: Pokok materi untuk modul berdasarkan keterkaitan topik

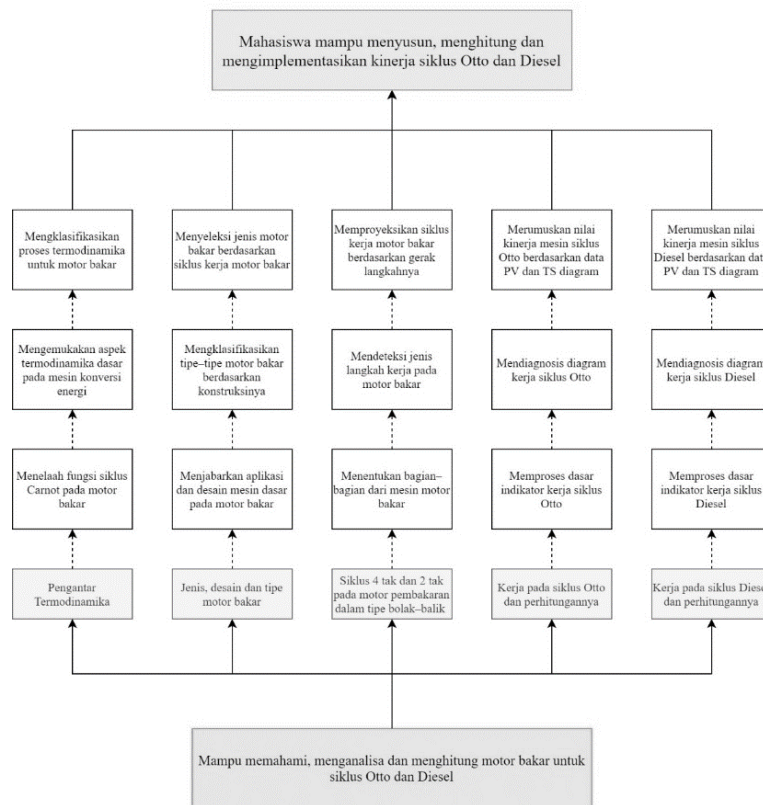
Penerapan prinsip termodinamika pada motor bakar mengacu kepada siklus kerja motor bakar dari aspek mekanis yakni 4 dan 2 tak (langkah). Artinya, pengetahuan tentang siklus ini mutlak diperlukan sebagai pemanfaatan lanjut dari aplikasi termodinamika pada motor bakar. Terakhir sebagai aplikasi lanjut dari pemanfaatan prinsip termodinamika dan siklus kerja mekanis pada motor bakar adalah siklus Otto dan Diesel pada mesin konversi energi. Kedua siklus ini merupakan contoh aplikasi gabungan dari prinsip termodinamika dan fungsi siklus mekanis pada kerja motor bakar.

Pemilihan topik dan hubungan antar mata kuliah yang sudah ditentukan selanjutnya dikembangkan lebih lanjut melalui pemetaan kompetensi. Pemetaan kompetensi ini harus memperhatikan aspek topik yang dipilih dan juga kesesuaian dengan tingkat penguasaan akhir yang diharapkan. Gambar 4 menyajikan peta kompetensi yang dibuat berdasarkan target penguasaan kompetensi pada tiap topik dan tingkat keberlanjutan materi yang dikembangkan. Peta kompetensi berisi target akhir yang ingin dicapai oleh pengguna atau capaian pembelajaran yang diperoleh dari Rencana Pembelajaran Semester (RPS) untuk mata kuliah yang dipilih, dalam hal ini mesin konversi energi untuk topik motor bakar.

Selanjutnya, topik yang dikembangkan dipilih berdasarkan target CPL dan kemudian dicacah menjadi bagian lebih kecil untuk tiap topik. Masing–masing topik memiliki indikator tersendiri dan semuanya bermuara pada satu capaian pembelajaran akhir yang sama.

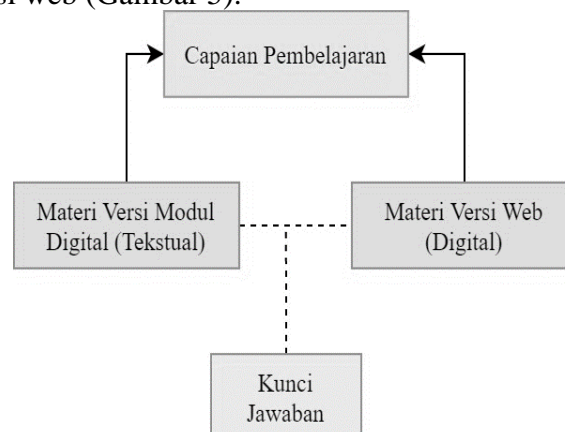
Peta kompetensi dan topik telah dihasilkan maka tahapan berikutnya adalah penentuan model diagram alir dari modul. Modul yang dikembangkan pada prinsipnya adalah modul digital yang terdiri dari modul tekstual dalam format modul elektronik (E-book) dan modul versi web (HTML 5). Kedua tipe modul saling melengkapi fungsi dalam artian modul versi web mampu menunjukkan konsep abstrak terkait dengan materi yang sulit untuk dipahami dan berfungsi sebagai penguatan teoritis.

**PETA KOMPETENSI PEMBELAJARAN
MOTOR BAKAR PADA MESIN KONVERSI ENERGI**
MATA KULIAH MESIN KONVERSI ENERGI



Gambar 4: Peta kompetensi berdasarkan pemilihan topik yang dibuat pada modul 1

Media yang tepat dipilih untuk menunjukkan konsep abstrak menjadi nyata dan pemanfaatan media interaktif melalui web juga memberikan keuntungan untuk penggunaan yang lebih luas. Selanjutnya modul tekstual berisi teori detail yang tidak mungkin dituangkan ke dalam modul versi web, khususnya terkait dengan persamaan matematika yang detail dan komprehensif. Untuk menjamin hubungan yang saling mengikat, maka pada modul tekstual dibuat berbagai macam latihan dan kunci jawaban dapat diperoleh setelah pengguna menyelesaikan modul versi web (Gambar 5).



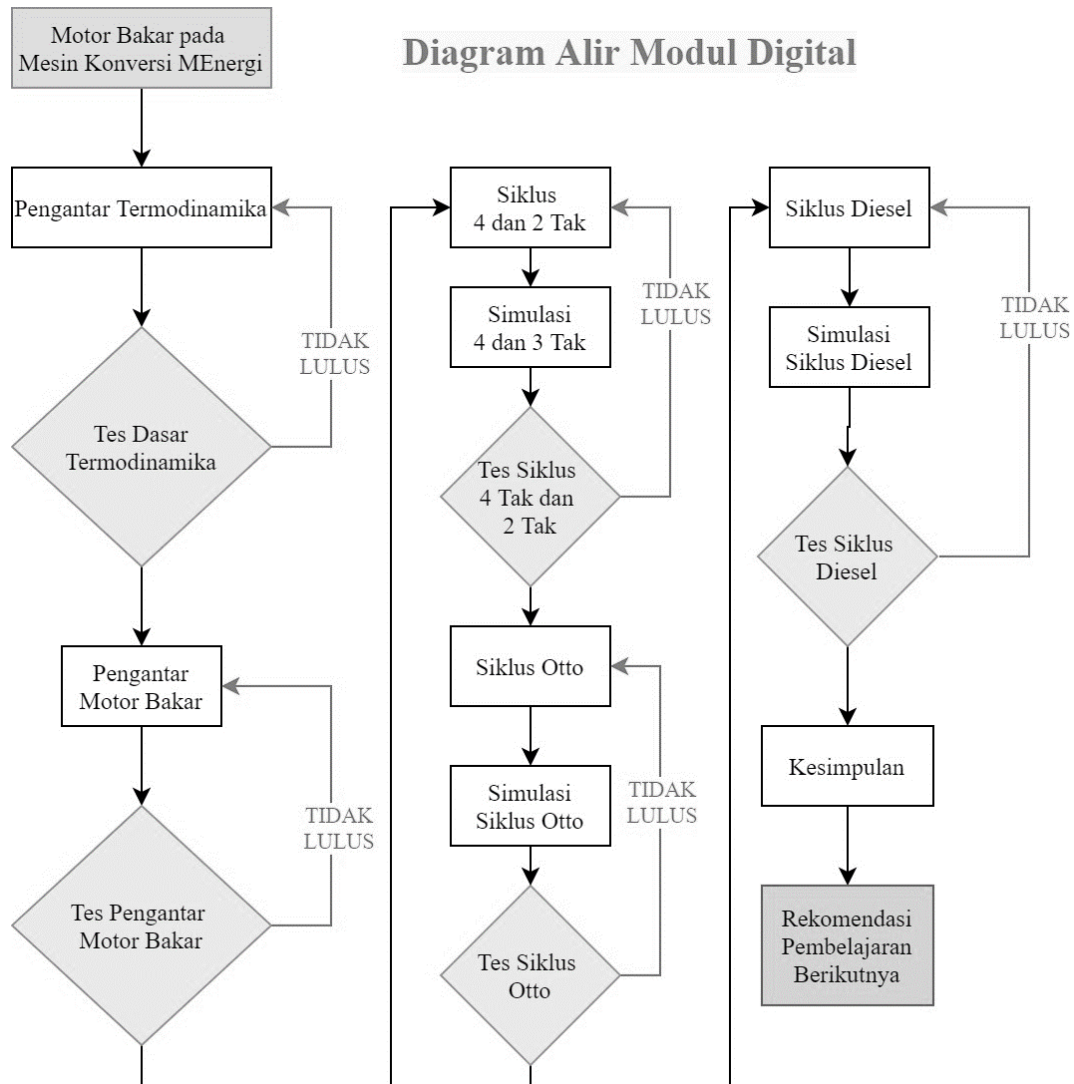
Gambar 5: Penjaminan hubungan antar modul versi web dan tekstual

Dikarenakan adanya target akhir yang akan diberikan pada modul versi web, maka untuk menjamin fungsi yang lebih kuat, dibuat model *levelling* untuk modul web. Terdapat lima topik yang harus diselesaikan oleh pengguna sebelum mendapatkan kunci jawaban. Pengguna

tidak dapat lanjut ke materi berikutnya pada modul versi *web* jika belum menyelesaikan materi tersebut. Artinya, pada tiap topik di modul versi *web* maka ada ujian guna menjamin capaian indikator pembelajaran. Sehingga, perlu dibuat diagram alir modul digital untuk mencapai tujuan ini. Gambar 6 menyajikan diagram alir modul digital yang secara jelas menunjukkan proses penggunaan materi pada tiap topik.

Model *levelling* yang ditetapkan juga sesuai dengan karakteristik generasi sekarang yang senang dengan model tantangan yang berbentuk level sehingga memicu mereka untuk menyelesaikan target yang diberikan, layaknya sebuah permainan (Llanes Cedeño, Rocha - Hoyos, Peralta Zurita, Gómez, & Celi Ortega, 2018). Pemetaan topik pada modul digital dan tekstual dapat dilihat pada Tabel 1. Terlihat bahwa mendekati akhir topik, maka konten pada modul *web* lebih banyak dibandingkan dengan modul tekstual. Hal ini sesuai dengan target akhir dari modul ini yang difungsikan sebagai modul digital sehingga penekanan utama adalah pada materi digital. Terlebih, kajian pada siklus Otto dan Diesel sebagai materi akhir lebih banyak berhubungan dengan fenomena energi dan pengaruh dari perubahan parameter operasi terhadap performa mesin, sehingga model simulasi untuk masing-masing siklus lebih cocok diterapkan dibandingkan dengan teori tertulis (Ahmad & Latib, 2015).

Tahap desain merupakan lanjutan dari model pengembangan 4D. Pada tahapan ini, modul tekstual didesain sesuai dengan standar baku pengembangan modul tertulis. Aspek terpenting sebenarnya adalah desain dari modul digital versi *web*. Pokok bahasan dan diagram alir modul digital yang telah dibuat diturunkan menjadi Garis Besar Program Media (GBPM) dan *Tutorial Kit* atau *Storyboard* sebagai wujud desain dari tampilan yang diharapkan. Perumusan GBPM dibuat berdasarkan format Tabel 2. GBPM ideal harus mencakup penelaah media dan materi untuk menjamin kesesuaian antara media dan materi yang dikembangkan. Indikator, pokok bahasan dan sub pokok bahasan dijadikan sebagai urutan pengembangan materi yang ingin disajikan. Bentuk atau format sajian difungsikan untuk memberikan bentuk akhir dari media yang akan dibuat. Terdapat lima (5) topik pada modul yang dikembangkan sehingga terdapat lima (5) GBPM untuk modul ini.



Gambar 6: Diagram alir modul digital versi web

Tabel 1. Pemetaan materi untuk tiap model modul pada pokok bahasan yang sama

Pokok Bahasan	Modul Teksual	Modul Web
Pengantar Termodinamika	<ul style="list-style-type: none"> - Pengantar sistem energi - Hukum ke-nol termodinamika - Mesin Konversi Energi - Sistem, proses dan <i>properties</i> - Zat murni - Gas ideal - Proses termodinamika <ul style="list-style-type: none"> • Isobarik • Isotermal • Isokhorik • Adiabatik - Hukum pertama termodinamika - Hukum kedua termodinamika - Mesin kalor 	<ul style="list-style-type: none"> - Aspek termodinamika pada motor bakar - Sistem, <i>properties</i>, dan proses - Volume (V), Tekanan (P) dan Temperatur (T) - Kalor (<i>Heat</i>) - Kerja (<i>Work</i>) - Proses Termodinamika - Siklus Carnot - Diagram Ts siklus Carnot - Aplikasi Siklus Carnot

Pokok Bahasan	Modul Teksual	Modul Web
	- Siklus Carnot	
Pengantar Motor Bakar	<ul style="list-style-type: none"> - Klasifikasi motor bakar - Aplikasi motor bakar - Desain mesin dasar pada motor bakar dalam <ul style="list-style-type: none"> • Mesin rotasi – motor Wankel • Mesin rotasi – Turbin gas sistem terbuka • Mesin bolak-balik – Motor Bensin dan Diesel - Konfigurasi umum mesin bolak – balik - Tipe mesin multi silinder 	<ul style="list-style-type: none"> - Informasi umum tentang motor bakar - Pemanfaatan motor bakar - Desain mesin dasar - Mesin silinder tunggal - Mesin Multi Silinder Tipe Inline - Mesin Multi Silinder Tipe V - Mesin Multi Silinder Tipe Silinder Berlawanan - Mesin Multi Silinder Tipe Piston Berlawanan - Mesin <i>Rotary</i> (Wankel)
Siklus 4 dan 2 Tak	<ul style="list-style-type: none"> - Konsep motor bakar - Kelengkapan komponen motor bakar tipe silinder - Mekanisme katup - Proses termodinamika pada motor bakar <ul style="list-style-type: none"> • Langkah hisap • Langkah kompresi • Langkah usaha • Langkah buang - Siklus 2 dan 4 tak 	<ul style="list-style-type: none"> - Konsep Motor Bakar - Kelengkapan Motor Bakar Tipe Silinder - Mekanisme Katup - Siklus 4 dan 2 Tak - Proses termodinamika pada motor bakar - Langkah hisap - Langkah kompresi - Langkah usaha - Langkah buang - Simulasi siklus 4 langkah
Siklus Otto & Diesel	<ul style="list-style-type: none"> - Parameter kerja mesin - <i>Mean effective pressure</i> (MEP) - Torsi dan Power - Efisiensi mesin dan volumetrik - Siklus Otto - Siklus Diesel 	<ul style="list-style-type: none"> - Pengantar mesin bolak-balik - Karakteristik mesin Otto - <i>Mean Effective Pressure</i> (MEP) - Diagram PV Siklus Otto (Ideal) - Diagram PV Siklus Otto (Aktual) - Asumsi udara standar - Diagram T-s siklus Otto - Diagram PV siklus Otto (analisis) - Efisiensi termal dan rasio kompresi siklus Otto - Pengaruh rasio panas spesifik - Variasi efisiensi termal siklus Otto - Simulasi analisis siklus Otto <hr/> <ul style="list-style-type: none"> - Karakteristik mesin Diesel - Injeksi bahan bakar Diesel - Diagram PV dan TS siklus Diesel - Persamaan kerja mesin Diesel - Rasio <i>Cutoff</i> dan kompresi mesin Diesel - <i>Dual cycle</i> - Variasi efisiensi termal siklus Diesel - Simulasi analisis siklus Diesel

Pokok Bahasan		Modul Teksual		Modul Web	
Program Studi	:	Penulis	:		
Mata Kuliah	:	Judul	:		
Topik	:	Media	:		
		Penelaah Media	:		
		Penelaah Materi	:		
Deskripsi Topik	:				
CPMK	:				
No.	Indikator	Pokok Bahasan	Sub Pokok Bahasan	Bentuk/Format Sajian	
1					
2					
3					

SIMPULAN

Modul digital yang dikembangkan menggunakan metode 4D (*Define, Design, Develop, dan Disseminate*), model Tomlinson dan prinsip metode *chunking* memberikan fleksibilitas yang baik bagi desainer modul. Metode yang dikombinasikan mampu memberikan arahan yang lebih spesifik bagi pembuat modul, terlebih yang menggunakan modul digital atau media pembelajaran khusus sebagai wujud representasi materi abstrak. Model kombinasi yang dikembangkan pada studi ini dapat dengan mudah diadopsi oleh pembuat modul lainnya. Kunci terpenting adalah pemahaman dari sifat materi yang akan diangkat sebagai pokok pembahasan dan melihat hubungan materi ini dengan pelajaran atau mata kuliah lainnya. Hal ini yang menjadi luaran terpenting dari tahapan *define*.

Desain materi dan media yang dikembangkan dapat mengacu kepada model Tomlinson dengan kombinasi prinsip *chunking*. Kedua prinsip tersebut memudahkan dalam penentuan bentuk materi dan sajian pada media. Berlanjut ke proses penentuan Garis Besar Program Media sebagai landasan dalam pembuatan *tutorial kit*. Hasil dari seluruh desain tersebut kemudian dikembangkan melalui peta diagram alir modul untuk memberikan karakteristik khas dari modul digital yang akan dibuat. Setelah semua terkumpul, langkah berikutnya adalah melakukan pengembangan dan penyebarluasan.

Inovasi modul digital untuk topik motor bakar pada mesin konversi energi melalui penggunaan modul versi web dan modul teksual diharapkan memiliki daya tarik tersendiri bagi pengguna (*student engagement*). Hasil akhir yang diharapkan adalah capaian pembelajaran yang lebih maksimal bagi pengguna. Lebih lanjut lagi, modul yang dikembangkan juga dapat digunakan oleh banyak pihak dan mengikat terhadap waktu dan tetap melalui penyebarluasan secara digital. Penelitian berikutnya akan fokus pada studi kasus dalam melihat pengaruh dari penggunaan modul ini terhadap hasil belajar mahasiswa.

Tahapan berikutnya adalah pembuatan *storyboard*. Untuk menjamin proses pengembangan (*develop*) yang baik, maka desain dari *storyboard* yang saling terhubung harus dibuat sebagai suatu diagram kerja. Target dari modul HTML 5 adalah memuat aspek berikut:

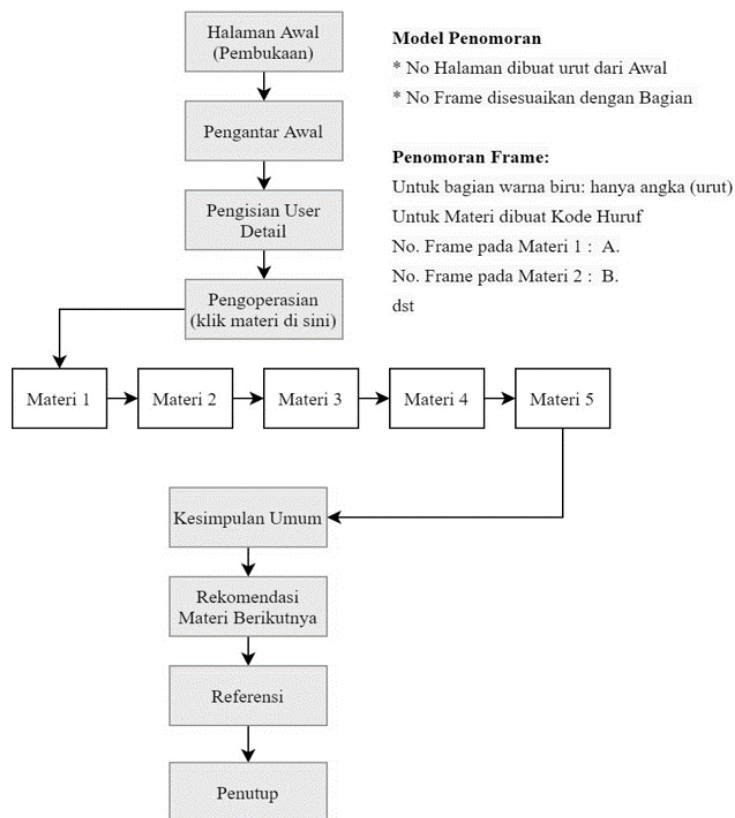
1. Adanya petunjuk penggunaan modul pada laman situs
2. Adanya pilihan pengguna yang dalam hal ini mencakup 3 (tiga) kategori pengguna yakni mahasiswa, dosen dan umum

3. Memuat referensi yang dijadikan rujukan materi
4. *User friendly interface*
5. Memiliki perekaman data pengguna untuk tiap kategori
6. Memungkinkan untuk merekam data pengisian yang dilakukan oleh pengguna guna memudahkan dalam proses penilaian
7. Memungkinkan pengguna untuk bisa lanjut kembali pada lain kesempatan tanpa harus mengulang dari awal
8. Adanya *assessment* dan *feedback* yang dapat dilihat secara langsung oleh pengguna
9. Memungkinkan pengguna untuk mengunduh modul cetak yang dikembangkan
10. Dapat digunakan untuk versi *mobile* (telepon genggam) maupun komputer

Diagram kerja dari desain storyboard yang dibuat harus memperhatikan sepuluh aspek tersebut. Gambar 7 menyajikan diagram alir untuk fungsi kerja storyboard. Terdapat dua penomoran yakni penomoran halaman dan frame. Penomoran halaman ditulis secara runut dan penomoran frame ditulis sesuai dengan topik/fungsi tampilan yang dibuat. Lalu ada penomoran asset untuk menjamin fungsi dan kesesuaian penempatan asset dalam pengembangan sesuai dengan desain.

Gambar 7 menyajikan bentuk diagram alir dari rencana modul versi web dan juga format penomoran frame dan isi. Dari Gambar 7. terlihat bahwa ada 3 kategori besar dari modul versi web yakni:

1. Bagian awal, berisi informasi umum dan pengisian data pengguna
2. Konten materi (materi 1–5)



Gambar 7: Diagram alir modul versi web dan bentuk penomoran frame dan asset

3. Bagian akhir, berisi referensi dan kesimpulan serta kunci jawaban untuk modul cetak yang dikembangkan

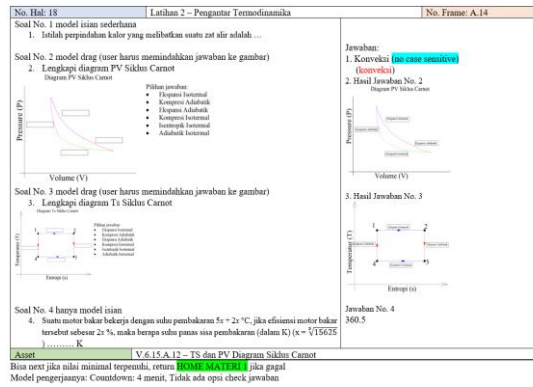
Bentuk *storyboard* untuk tiap bagian harus memuat dengan detail tiap bagian yang ingin disajikan, termasuk dengan bagaimana media bekerja, fungsinya dan juga bagaimana peran pengguna pada tampilan tersebut. Tingkat kerumitan yang tinggi dan bentuk detail yang disajikan pada prinsipnya bertujuan untuk menjamin kualitas dari modul digital yang disajikan dan juga tingkat ketercapaian tujuan pembelajaran pada tiap bagian. Bentuk umum dari naskah *storyboard* yang dibuat disajikan pada Tabel 3. Detail dari fungsi bagian pada format *storyboard* yang digunakan adalah:

1. No. Hal: urutan penomoran halaman dari *frame* awal sampai dengan *frame* akhir
2. Judul: berisi judul utama *frame*
3. No. *Frame*: merupakan nomor urutan *frame* untuk tiap masing–masing kategori bagian yang dimulai dengan kode unik tertentu, yakni:
 - A. Untuk materi 1 yakni pengantar termodinamika
 - B. Untuk materi 2 yakni pengantar motor bakar
 - C. Untuk materi 3 yakni siklus 2 dan 4 tak
 - D. Untuk materi 4 yakni siklus Otto
 - E. Untuk materi 5 yakni siklus Diesel
 - F. Tanpa huruf, untuk bagian awal dan akhir dari modul digital di luar konten materi
4. Konten/Media: menunjukkan bentuk abstrak dari rencana isi pada *frame* ini, dapat berupa gambar, keterangan sketsa umum, dan video yang mana dijadikan acuan oleh pengembang untuk membuat konten pada *frame* ini
5. Detail konten/media: menyajikan detail dari isi utama untuk *frame* tersebut, baik itu berupa materi/keterangan terkait dengan isi *frame*
6. *Asset*: merupakan media atau bahan dasar media yang akan disajikan pada bagian konten/media. *Asset* yang diberikan merupakan *asset* mentah yang selanjutnya dikembangkan oleh tim pengembang utama untuk tahap produksi dengan prinsip lisensi CC BY 4.0

Tabel 3. Format storyboard yang digunakan

No. Hal:	Judul:	No. Frame:
KONTEN/MEDIA	DETAIL KONTEN/MEDIA	
Asset		

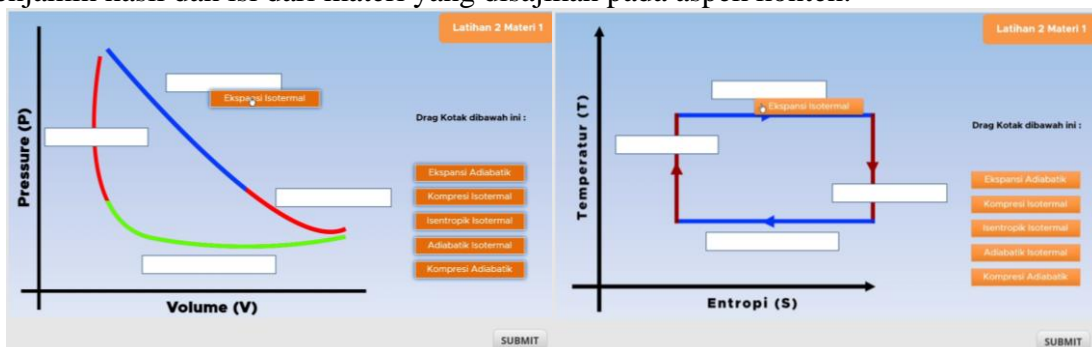
Sebagai contoh untuk menjelaskan skema penulisan *storyboard*, Gambar 8 menyajikan gambar tangkapan layar dari contoh *storyboard* yang telah dikembangkan. Detail pada Gambar 8 adalah sebagai berikut:



Gambar 8: Contoh isi storyboard yang telah didesain

1. Bagian ini merupakan Hal. 18 dari keseluruhan frame yang dibuat
2. Bagian ini berada pada latihan 2 dari materi pengantar termodinamika
3. Merupakan nomor urut frame 14 pada bagian pengantar termodinamika (A.14)
4. Konten/media menyajikan dua model diagram siklus Carnot yakni diagram PV dan Ts.
5. Detail konten menyajikan bentuk jawaban untuk dibuat ke dalam Bahasa pemrograman oleh tim pengembang sehingga jawaban yang diisi oleh pengguna dapat diketahui kebenarannya
6. No. *asset* menunjukkan asset dasar yang digunakan adalah Ts dan PV diagram dari siklus Carnot
7. Bagian akhir berisi keterangan tambahan terkait dengan model pengerjaan dari latihan ini

Bentuk *storyboard* yang detail memberikan kemudahan dalam proses pengembangan dan pembuatan *asset* dan menjamin ketercapaian fungsi dari tiap frame. Bentuk tampilan yang lebih menarik disajikan berdasarkan keterangan *storyboard* yang dibuat. Fungsi pengerjaan dan cara pengoperasian dibuat sesuai dengan isi frame yang ada. Hal ini bertujuan untuk menjamin kualitas hasil produksi secara tampilan dan fungsi pada aspek *interface* dan juga menjamin hasil dan isi dari materi yang disajikan pada aspek konten.



Gambar 9: Tampilan dari modul versi *web* yang telah dikembangkan berdasarkan isi *storyboard*

Seluruh *storyboard* yang telah dibuat dan *asset* yang telah disiapkan selanjutnya masuk dalam tahap pengembangan. Pengembangan dilakukan dengan melibatkan tim pengembang khusus untuk menjamin kualitas dari modul yang dihasilkan.

Dalam proses pengembangan, pembuatan *storyboard* yang detail memberikan kemudahan dan mempercepat proses produksi karena interpretasi yang lebih jelas. Hal ini merupakan aspek terpenting yang harus diperhatikan dalam proses produksi modul digital berbasis web atau digital media lainnya. Gambar 9 menyajikan bentuk akhir dari *storyboard* yang dikembangkan (Gambar 8) dan memiliki kesesuaian yang tinggi. Fungsi *drag & drop* bekerja

sesuai dengan bentuk *storyboard* dan juga memiliki penempatan yang sesuai dengan desain. *Drag & drop* dipilih untuk menjamin interaksi antara pengguna dengan media sebagai wujud *student engagement* yang baik.

Sebagai langkah akhir adalah penyebaran (*disseminate*), maka modul yang telah dikembangkan diberikan alamat hosting mandiri (<http://mbpmke.com/>). Penggunaan alamat *hosting* memungkinkan untuk intgerasi dengan berbagai macam *platform* pembelajaran digital seperti *google classroom*, SPADA, dan *Learning Management System (LMS)* yang biasa digunakan di Universitas dengan menggunakan model *Modular Object Oriented–Dynamic Learning Environment (MOODLE)* (Saloko, 2021).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., & Latib, N. A. (2015). Teaching in Automotive Practical Task: Practices in Vocational Colleges. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 204(November 2014), 290–299. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.08.155>
- Cheng, W., Wu, X., Zhang, Z., Liu, F., Zhang, M., & Guo, P. (2013). Effective project-oriented approach for training professional mechanical engineers in undergraduate education. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 41(4), 289–296. <https://doi.org/10.7227/IJMEE.41.4.3>
- Effendy, H. V., & Sari, S. M. (2019). Efektivitas Metode Mnemonic (Chunking) Dalam Meningkatkan Pengetahuan Orangtua Tentang Indikator Status Gizi Balita the Effectiveness of Mnemonic (Chunking) Method in Improving Parents ' Knowledge About Nutritional Status Indicators. 1(1), 14–18.
- Harsono, Y. M. (2015). Developing Learning Materials for Specific Purposes. *TEFLIN Journal - A Publication on the Teaching and Learning of English*, 18(2), 169. <https://doi.org/10.15639/teflinjournal.v18i2/169-179>
- Hongyu, A. W., Yupeng, B. Y., & Chuamg, C. M. (2018). A Modeling Method of Whole Vehicle Electrical Balance Simulation System Based on Neural Network Training. *IFAC-PapersOnLine*, 51(31), 87–91. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.10.017>
- Kaplan, O., & Issi, F. (2017). An android based application and simulation of multiple photovoltaic panels. *2017 6th International Conference on Renewable Energy Research and Applications, ICRERA 2017, 2017-Janua*, 925–930. <https://doi.org/10.1109/ICRERA.2017.8191195>
- Kurniawan, E. D. (2020). Perbedaan Hasil Belajar Menggunakan Pendekatan Saintifik Berbasis E-Learning Dan Tanpa E-Learning-Pada Matakuliah Teknologi Mekanik Prodi Pendidikan Teknik Mesin Fkip Unsri. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 7(2), 99–108.
- Liang, J. S. (2020). A process-based automotive troubleshooting service and knowledge management system in collaborative environment. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 61(July 2019), 101836. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.101836>
- Llanes Cedeño, E. A., Rocha - Hoyos, J. C., Peralta Zurita, D. B., Gómez, J. M., & Celi Ortega, S. C. (2018). Project-based learning case of study education in automotive mechanical engineering. *Espacios*, 39(25).
- Ma, J. (2017). Design and Implementation of Mobile Learning System for Soldiers' Vocational Skill Identification Based on Android. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 242(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/242/1/012119>
- Ordaz, N., Romero, D., Gorecky, D., & Siller, H. R. (2015). Serious Games and Virtual Simulator for Automotive Manufacturing Education & Training. *Procedia Computer Science*, 75(Vare), 267–274. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.247>
- Ratiyani, I., Subchan, W., & Hariyadi, S. (2014). Pengembangan Bahan Ajar Digital Dan

- Aplikasinya Dalam Model Siklus Pembelajaran 5E (Learning Cycle 5E) Terhadap Aktifitas Dan Hasil Belajar (Siswa Kelas VII DI SMP Negeri 10 Probolinggo Tahun Pelajaran 2012/2013). *Pancaran*, 3(1), 79–88.
- Said, I. M., Sutadji, E., & Sugandi, M. (2016). The scientific approach-based cooperative learning tool for vocational students vocation program of autotronic (automotive electronic) engineering. *IOSR Journal of Research & Method in Education (IOSR-JRME)*, 6(3), 67–73. <https://doi.org/10.9790/7388-0603046773>
- Saloko, A. (2021). Aktivitas Pembelajaran Daring Matakuliah Pengantar Pendidikan Berbasis Modular Object Oriented-Dynamic Learning Environment (MOODLE). *Faktor : Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 8(530), 133–147.
- Shi, H. (2010). Developing E-Learning Materials for Software Development Course. *International Journal of Managing Information Technology*, 2(2), 15–21. <https://doi.org/10.5121/ijmit.2010.2202>
- Sorin-Ioan, B., Paul, B., & Livia, B. (2012). Modern Methods of Education, Research and Design Used in Mechanical Engineering. *Mechanical Engineering*, (April). <https://doi.org/10.5772/35343>
- Torrise, G., & Davis, G. (2000). Online Learning as a catalyst for reshaping practice – The experiences of some academics developing online learning materials. *International Journal for Academic Development*, 5(2), 166–176. <https://doi.org/10.1080/13601440050200770>