

Desain Modular Berbasis Polyhedron Platonic Solid Melalui Pendekatan Desain Parametrik

Iyus S Sanusi

Program Studi Desain Produk, Institut Teknologi dan Sains Bandung

iyus.sanusi@itsb.ac.id

Page | 253

ABSTRACT

The Platonic Solid Polyhedron Geometry Shape is the basis of an interesting regular 3D geometric shape to be used as study material in developing ideas and concepts for creative and innovative product designs. In this research, one of the study materials that will be discussed is focused on analyzing and exploring parameters or references for modular design based on solid platonic polyhedron geometric shapes using a parametric design method approach. The aim of this research is to find the parameters needed to determine the formation of a 3D modular design that has novelty value in harmony with each geometric shape of the Platonic Solid polyhedron. The benefits of the research are expected to be able to find guidelines or parameters that can be applied in the stages of the design process, production process and assembly process for modular designs based on platonic solid polyhedrons. Through a parametric design method approach, in its implementation to find the novelty value of this modular design based on platonic solid polyhedrons, this is done by exploring and analyzing the structure of the five forms of platonic solid polyhedrons so as to find design parameters that are considered algorithmically through 2D drawing software and 3D digital modeling. on the computer. It is hoped that the resulting output can contribute to knowledge insight within the scope of the field of product design studies, in developing various variants of ideas and functional product design ideas based on modular designs that are creative, varied and innovative, and can be utilized to open opportunities of economic value in the world of creative industry.

Keywords: Modular Design, Solid Platonic Polyhedron, Parametric Design

ABSTRAK

Bentuk Geometri PPS merupakan dasar bentuk geometri 3D beraturan yang menarik untuk dijadikan bahan kajian dalam pengembangan ide dan gagasan suatu desain produk yang kreatif dan inovatif. Dalam penelitian ini salah satu bahan kajian yang akan dibahas difokuskan untuk menganalisa dan mengeksplorasi parameter atau acuan untuk desain modular berbasis bentuk geometri PPS melalui pendekatan metode parametric design. Tujuan penelitian ini untuk menemukan parameter yang diperlukan untuk menentukan pembentukan desain modular 3D yang memiliki nilai kebaruan selaras dengan masing-masing bentuk geometri PPS. Manfaat penelitian diharapkan dapat menemukan panduan atau parameter yang dapat diterapkan dalam tahapan proses desain, proses produksi dan proses perakitan desain modular berbasis PPS. Melalui pendekatan metode desain parametrik, dalam implementasinya untuk menemukan nilai kebaruan desain modular berbasis PPS ini, dilakukan dengan cara mengeksplorasi dan menganalisa struktur bentuk kelima PPS sehingga menemukan parameter desain yang dipertimbangkan berdasarkan kerangka berpikir algoritmik melalui perangkat lunak menggambar 2D dan pemodelan digital 3D pada komputer. Luaran yang dihasilkan diharapkan dapat memberi kontribusi wawasan pengetahuan dalam lingkup bidang studi desain produk, dalam mengembangkan berbagai varian ide dan gagasan desain produk fungsional berbasis desain modular yang kreatif, variatif dan inovatif, dan dapat dimanfaatkan untuk membuka peluang yang bernilai ekonomi dalam dunia industri kreatif.

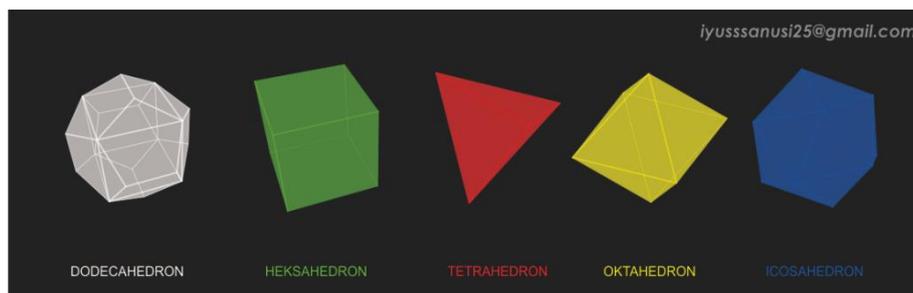
Kata Kunci :Desain Modular, Polyhedron Platonic Solids, parametric design

PENDAHULUAN

Mengenali dan memahami ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan dasar bentuk geometri 3D *Polyhedron Platonic Solids (PPS)* yang terdiri dari *Hexahedron, Tetrahedron, Octahedron, Icosahedron dan Dodecahedron* [1],[2] merupakan sumber inspirasi dan gagasan desain yang sangat terbuka untuk dieksplorasi dan dianalisa guna penerapan dan pengembangannya pada suatu desain produk yang inovatif dan fungsional.

Banyak karya-karya desain berbasis PPS yang dapat ditelusuri melalui internet, baik berupa karya kategori arsitektur, desain interior, desain produk, maupun karya seni kontemporer yang digagas oleh para desainer maupun seniman internasional, seperti yang dapat kita telusuri, diantaranya menjelajah melalui website *Pinterest*.

Hal yang menarik dari sekian banyak karya-karya desain berbasis PPS ini, menunjukkan berbagai hasil eksplorasi dan inovasi yang bervariasi dengan metode yang berbeda-beda, sehingga mendorong penulis untuk mengetahui sejauh mana dasar pengetahuan mengenai polyhedron ini dapat diterapkan pada pengembangan suatu desain produk industri.



Gambar1 Polyhedron Platonic Solids

Pada awalnya PPS merupakan suatu ungkapan bentuk primitif yang usianya sudah beribu tahun yang lalu sejak 360 SM dimana Plato menceritakan tentang penalaran mengenai kemungkinan sifat dunia fisik dan kehidupan manusia. Dalam mitosnya kelima bentuk polyhedron ini mewakili simbol sifat fisik air, bumi, udara, api dan ether.[1],[3] Seiring dengan perkembangannya, temuan ini menjadi rujukan berbagai cabang ilmu pengetahuan. Salah satunya yang berkaitan dengan ilmu pengetahuan matematika geometri [4],[5] dimana secara visual kelima bentuk PPS ini, memperlihatkan unsur rupa berupa garis, sudut, bidang yang beraturan, terukur dan harmoni. Jika diidentifikasi masing masing bentuk 3Dnya memperlihatkan penggabungan bentuk beraturan dalam jumlah tertentu dari bidang segitiga/trigon sama sisi (tetrahedron, octahedron dan icosahedron), segi empat/tetragon sama sisi (heksahedron) dan segi lima/pentagon sama sisi (dodecahedron). Dalam hal ini kita dapat mengatakan juga bahwa kelima bentuk geometri polyhedron ini merupakan gabungan dari sejumlah modul bentuk geometri yang identik yang tersusun secara beraturan. Dalam proses pembentukannya tentu memiliki sejumlah parameter atau acuan yang menyertainya.

Dalam penelitian desain ini menjadi penting untuk berempati (mengetahui, memahami, mengaplikasikan dan menganalisis) terhadap bentuk PPS, karena tidak terlepas dari proses berpikir algoritmik [6],[7] dan kecerdasan visual spasial yang kita miliki [8], yang menjadi bagian dalam proses berpikir desain[9]. Sebagai ilustrasi untuk dapat memvalidasinya diperlukan pengalaman bagaimana membuat dummy/model 3D dari lembaran kertas/plastik secara manual dari kelima PPS, karena melalui pengalaman praktek ini kita dihadapkan bagaimana cara/metode menggambar rangkaian jaring-jaring PPS yang beraturan dengan alat ukur manual berupa penggaris dan jangka sehingga menghasilkan bentuk geometri PPS 3D yang akurat dan sempurna. Melalui model PPS 3D yang dibuat sendiri ini

secara kasat mata kita dapat mengenali dan menganalisa struktur bentuknya secara utuh. Kemudian pengalaman lainnya yang diperlukan bagaimana model PPS ini divisualisasikan berupa gambar teknis sehingga menghasilkan logika gambar orthogonal PPS yang dibutuhkan dan akan digunakan untuk parameter/acuan dalam penerapannya pada perancangan suatu desain. Seiring dengan perkembangan teknologi, kedua pengalaman ini menjadi bekal pengetahuan dasar untuk dapat mengeksplorasi dan menganalisisnya lebih komprehensif melalui kolaborasi cara berpikir desain dengan kecerdasan buatan/AI[10] berupa perangkat lunak pemodelan digital 3D, hingga membuka peluang untuk pengembangan desain berbasis PPS yang lebih kreatif dan inovatif[11].

Pada penelitian sebelumnya penulis telah membahas mengenai Analisa Geometri PPS, yang menjelaskan hasil eksplorasi dan analisis geometri PPS yang menghasilkan luaran 20 contoh model kombinasi idea dari bentuk geometri 3D PPS[5]. Dalam penelitian ini ditemukan rasio perbandingan dimensi ideal dari ke 20 kombinasi tersebut melalui kerangka berpikir algoritmik yang ditunjang dengan media perangkat lunak gambar 2D dan permodelan digital 3D [12]. Dalam hal ini penulis memperoleh pengalaman empirik berpikir algoritmik dan melatih kecerdasan visual spasial, bagaimana menentukan parameter/acuan perbandingan dimensi untuk menentukan kombinasi bentuk geometri PPS yang ideal.

Dengan topik baru pada penelitian ini penulis mencoba mengembangkan basis bentuk geometri polihedron ini dengan cara menganalisis dan mengeksplorasi variabel yang diperlukan untuk menentukan parameter desain yang dapat dijadikan acuan untuk pengembangan desain modular[13],[14] berbasis bentuk geometri PPS[1] melalui pendekatan metode parametrik desain.[2],[11]

Agar dapat menemukan parameter yang diperlukan untuk acuan pengembangannya, tahapan analisis dan eksplorasi dilakukan melalui perangkat lunak gambar digital 2D dan pemodelan digital 3D, dengan tujuan untuk mengetahui :

1. Bagaimana kelima bentuk polihedral platonic solid ini dapat dieksplorasi dan dianalisis struktur bentuknya sehingga dapat menemukan variabel visual (titik,garis,bidang) untuk dapat dijadikan parameter yang sesuai dengan prinsip-prinsip dasar sistem modular yang reguler.
2. Fenomena desain modular yang bagaimana bila kelima bentuk geometri PPS ini dikembangkan secara terukur dan presisi, serta bagaimana menentukan satuan parameter pengukurannya.
3. Penelitian ini dibatasi pada pengembangan desain modular yang bersifat tunggal (single part), namun dalam jumlah tertentu dapat dirakit secara lengkap menjadi suatu desain modular berbasis bentuk geometri PPS. Dalam hal ini tentu ada alternatif solusi lainnya yang dapat dikembangkan melalui prinsip modular ini.

Tujuannya adalah :

1. Mengetahui fenomena parameter desain modular pada kelima bentuk geometri platonic solid
2. Menemukan kebaruan terbentuknya struktur desain modular berbasis PPS, untuk dapat diterapkan sebagai dasar gagasan awal dalam pengembangan suatu desain produk inovatif dan fungsional

Harapan yang ingin diperoleh dari analisis dan eksplorasi bentuk geometris platonic solid ini dapat memberi kontribusi dalam proses belajar mengajar dalam pengembangan pendidikan desain, dan berbagi pengetahuan untuk pengembangan gagasan suatu desain produk yang inovatif

METODE

Dalam penelitian ini secara prosedural erat kaitannya dengan pentahapan dalam *design thinking*[10] yaitu,

1. Tahapan *Empathy*

Pada tahap ini merupakan tahap yang harus betul-betul mengenal, menguasai dan memahami Struktur Bentuk dasar geometri PPS melalui bahasa visual secara praktek dengan bantuan media visualisasi 2D maupun 3D. Hal ini secara garis besar telah disampaikan pada pendahuluan.

2. Tahapan *Define* (mendefinisikan):

Pada tahap ini merupakan tahap proses eksplorasi dan analisa untuk dapat menemukan/mendefinisikan parameter/acuan unsur rupa (titik,garis, bidang dan sudut) pada PPS untuk menentukan prinsip modular yang akan dipilih. Dalam implementasinya pendekatannya melalui metode *parametric design*.

3. Tahap *Idea* (Penuangan gagasan desain)

Pada tahap ini merupakan tahap menerapkan parameter desain modular berbasis bentuk geometri PPS yang telah terdefiniskan, hingga menghasilkan gagasan desain fungsional yang memiliki nilai kebaruan.

4. Tahap *Prototype* (Pengembangan Prototipe)

Pada tahap ini merupakan tahap proses pembuatan prototipe berdasarkan pilihan material dan teknologi proses pembentukannya, baik diproses secara manual, masinal maupun dengan teknologi mutakhir

5. Tahap *Test* (Uji Kelayakan).

Pada tahap ini merupakan tahap pembuktian secara komprehensif atas nilai keberhasilan hasil penelitian ini terhadap berbagai aspek yang berkaitan dengan desain .

Dari ke lima pentahapan ini, untuk dapat mendefinisikan desain modular berbasis bentuk geometri PPS, pendekatan analisa dan eksplorasinya melalui metode *Parametric Design*.

Parametric Design adalah teknik di mana desainer menggunakan algoritma untuk membuat produk atau struktur yang kompleks dan dapat disesuaikan. Proses ini memungkinkan desainer untuk memasukkan sekumpulan parameter, atau variabel, yang kemudian digunakan algoritma untuk menghasilkan solusi unik.[15]

Pendapat lain dikatakan *parametric design* adalah suatu proses desain yang memanfaatkan algoritma atau aturan tertentu sebagai parameter untuk memanipulasi sebuah objek lain . Setiap objek seperti titik, garis, bidang memiliki sebuah parameter yang saling terkait sehingga membentuk sebuah objek baru. Parameter ini berfungsi untuk mengontrol beragam keinginan dari desainer terhadap geometri dari suatu objek seperti panjang, lebar tinggi, jari-jari dan sebagainya.[16]

Pemahaman dan pengetahuan penulis dalam prakteknya metode ini merupakan suatu cara dimana dalam proses penentuan gagasan suatu objek desain yang dilakukan melalui media perangkat lunak gambar 2D dan pemodelan 3D, secara simultan dipikirkan secara algoritmik[7], sehingga luarannya dapat memberikan dan menemukan informasi visual sebagai acuan/parameter yang memudahkan untuk mencapai tujuan yang hendak dicapai.

Untuk mengeksplorasi dan menganalisis prinsip desain modular[13],[14] berbasis PPS, diperlukan acuan atau parameter berupa informasi visual yang dapat menunjang dan memudahkan dalam proses perancangannya.

Dalam implementasinya tahapan analisis dan eksplorasi yang dilakukan :

1. Menganalisa dan mengidentifikasi variabel[17] yang akan dijadikan acuan untuk menentukan parameter dalam pembentukan modul yang sesuai dengan prinsip desain modular untuk kelima bentuk geometri PPS.
2. Mengeksplorasi dan menganalisa variabel dari kelima bentuk geometris PPS yang masing-masing memiliki struktur bentuk yang berbeda.

Analisa dan eksplorasi tersebut diimplementasikan melalui perangkat lunak 2D atau 3D dengan cara :

1. Memvisualisasikan pemodelan 3D dari kelima bentuk geometri PPS, berupa bentuk kerangka (wireframe) sebagai parameter untuk mengeksplorasi dan menganalisa bentuk sudut tumpuan modul masing-masing bentuk polihedral.
2. Memvisualisasikan bentuk balok persegi panjang (sebagai contoh studi kasus) dalam menentukan parameter yang harus dipenuhi, agar dapat menghasilkan bentuk modul yang sesuai dengan masing-masing bentuk polihedral.
3. Memvisualisasikan luaran hasil eksplorasi dan analisis berupa gambar orthogonal desain modul dan pemodelan digital 3D untuk kelima bentuk geometri PPS, sebagai informasi panduan untuk proses pengembangan dan penerapannya pada desain modular untuk uji kelayakan proses produksi menjadi desain modul 3D.

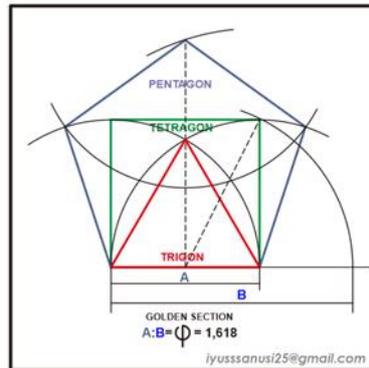
Dari proses ketiga point ini kita dapat mendefinisikan parameter/acuan yang dapat dipergunakan untuk menerapkan prinsip-prinsip modular dengan basis bentuk geometri PPS.

DISKUSI

Fokus analisis dan eksplorasi dalam penelitian ini adalah menentukan parameter desain[11],[16] yang dapat dijadikan acuan untuk menentukan desain modular[13],[14] pada masing-masing bentuk geometri PPS[12]. Desain modular adalah pendekatan perancangan produk yang digunakan untuk menghasilkan produk lengkap dengan mengintegrasikan atau menggabungkan bagian-bagian kecil yang independen satu sama lain. Jika masing-masing struktur bentuk geometri PPS diidentifikasi, maka tiap bentuknya masing-masing memiliki rusuk yang sama panjang dan dalam jumlah tertentu saling bertumpu dan secara beraturan membentuk sudut sesuai dengan nama bentuk polyhedronnya.(Gambar-1)

Jika satu rusuk/garis pada PPS ini mewakili satu bentuk desain modul 3D, maka yang perlu dianalisa dan dieksplorasi adalah menemukan sistem bentuk penggabungan (*jointing system*) pada setiap modul, agar dengan jumlah modul tertentu, dapat menghasilkan kriteria bentuk desain yang dapat dirakit dengan presisi sesuai dengan dasar bentuk polihedronnya.[10]

Sebagai acuan utamanya yang perlu dikuasai dan difahami adalah 3 bentuk dasar poligon yang membentuk PPS, sehingga dapat dijadikan parameter untuk proses pengembangan bentuknya.[3]



Gambar 2. 3 bentuk poligon yang membentuk PPS

Poligon yang membentuk PPS terdiri dari trigon (segitiga sama sisi) yang membentuk tetrahedron dan icosahedron, tetragon (segiempat sama sisi) yang membentuk heksahedron dan pentagon (se-gilima sama sisi) yang membentuk dodecahedron.[3]

Kelima bentuk geometri platonik solid yang memiliki struktur bentuk regular dan konkuren, baik struktur garis/rusuk, namun sudut maupun bidang yang membentuknya masing-masing memiliki pa-rameter ukuran yang berbeda.

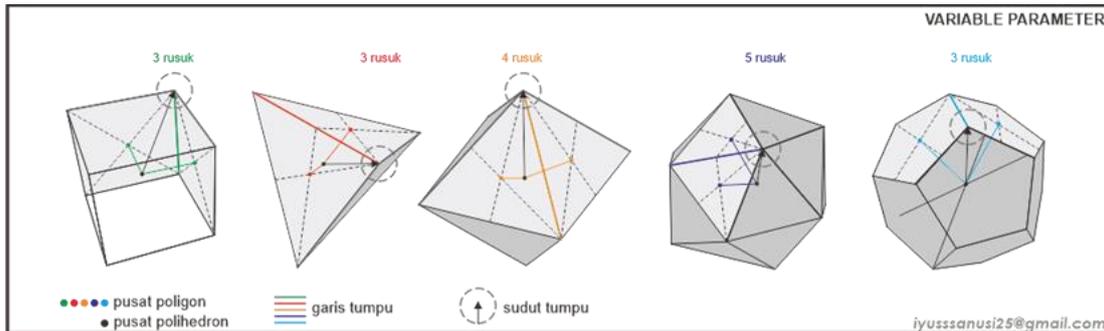
Dalam implementasinya proses penentuan bentuk desain modular berbasis PPS ini tahap pertama memvisualisasikan rangka/struktur kelima bentuk geometri polyhedron platonik yang dapat diidenti-fikasi sebagai bentuk polihedral yang terbentuk dari garis/rusuk yang sama panjang yang saling ber-tumpu satu dengan lainnya, sehingga membentuk sudut-sudut yang identik dan memiliki jarak yang sama terhadap pusat rotasi polyhedron. jika diidentifikasi satu persatu, maka jumlah modul yang sama dan identik yang diperlukan sebanyak 12 modul untuk heksahedron, 6 modul untuk tetrahedron, 12 modul untuk oktahedron, 30 modul untuk icosahedron dan 30 modul untuk dodecahedron.[3]



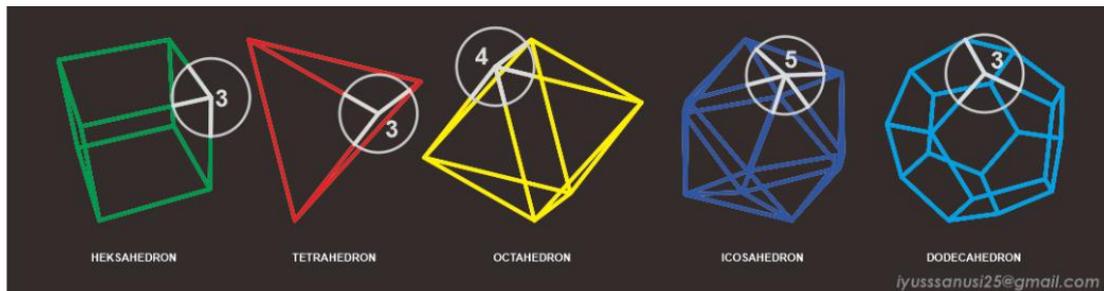
Gambar 3. Jumlah struktur rangka kelima bentuk geometri PPS

Kemudian melalui struktur rangka pemodelan 3D PPS ini, bila dikaitkan dengan pengembangan ben-tuk dengan prinsip desain modular [13], maka variable [17] yang dapat dijadikan parameter untuk pengembangan desain modular berbasis PPS adalah :

1. Pusat rotasi bentuk geometri PPS.(berupa titik)
2. Pusat rotasi bentuk geometri poligon pada PPS (trigon, tetragon dan pentagon) (berupa titik)
3. struktur rusuk garis yang membentuk sudut masing-masing PPS (berupa titik)
4. Struktur yang membentuk poligon dan polihedron (garis)



Gambar 4. Variabel parameter pada masing-masing bentuk polihedral



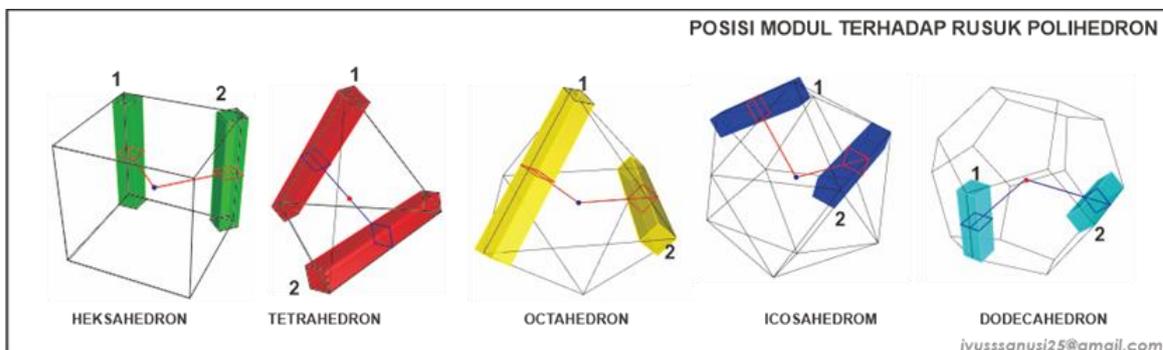
Gambar 5. Jumlah rusuk yang membentuk sudut tumpu

Berdasarkan variabel parameter diatas, untuk menemukan prinsip bentuk desain modular, pada masing-masing bentuk polihedral platonik solid, diperlukan contoh standar bentuk modul agar dapat memudahkan dalam menentukan parameter desain modulnya. Dalam hal ini untuk bahan studi kasus bentuk persegi panjang yang berpenampang sama sisi dijadikan contoh untuk menganalisis dan mengeksplorasi.

Dalam prakteknya melalui software pemodelan digital 3D, yang perlu ditentukan adalah menentukan orientasi bentuk modul terhadap variable parameter yang memungkinkan untuk menghasilkan acuan sistem desain modular.

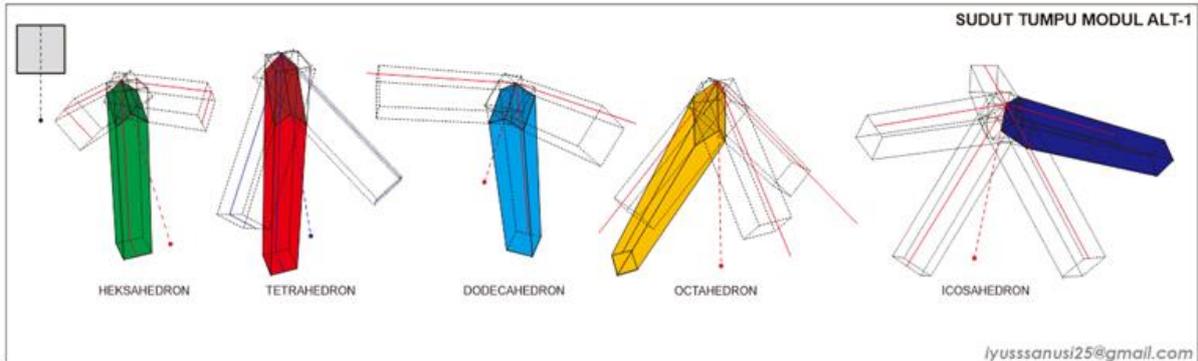
Maka dari hasil analisis dan eksplorasi penentuan posisi modul harus :

- Harus berorientasi secara simetris terhadap struktur garis/rusuk serta sama panjang dengan rusuknya dan harus mengarah ke pusat rotasi masing-masing bentuk polyhedron.



Gambar 6. Penentuan posisi modul terhadap variabel parameter masing-masing bentuk polihedral

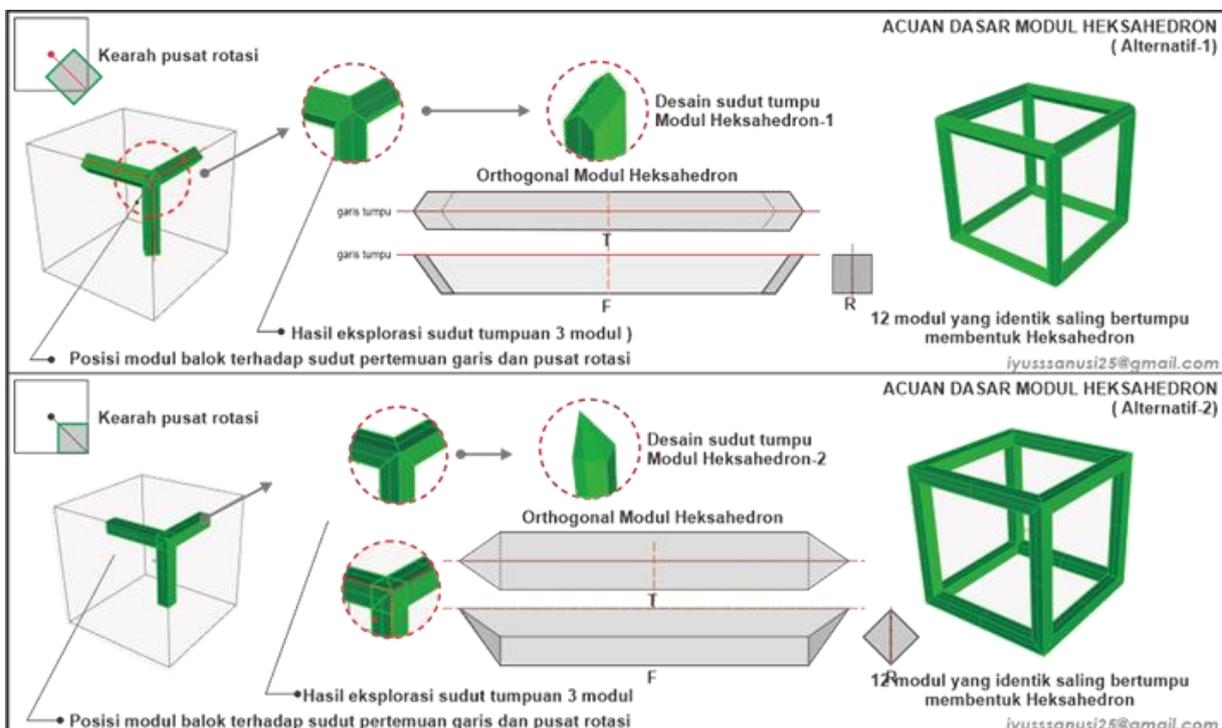
- Untuk menentukan bentuk sudut tumpuan modul pada masing-masing bentuk PPS, ditemukan 2 alternatif teknik/cara yang dapat ditempuh, yaitu :



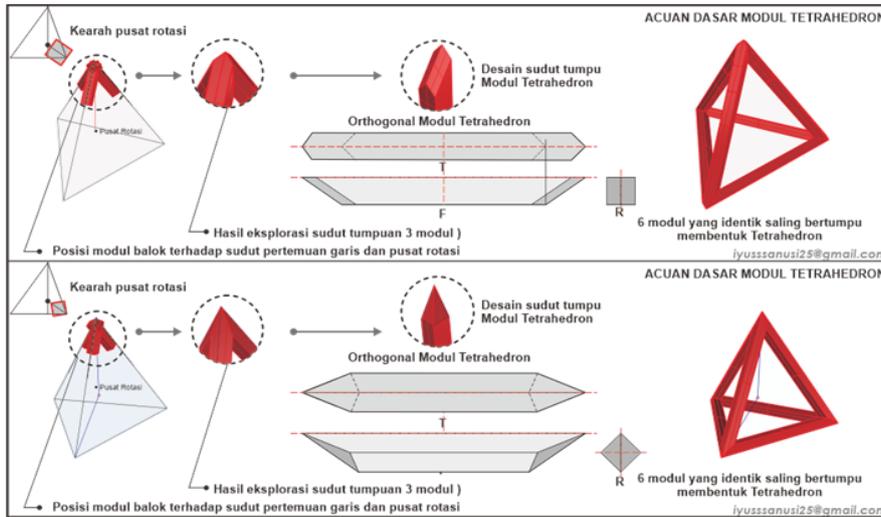
Gambar 7. Penentuan acuan sudut tumpu modul pada variabel parameter masing-masing bentuk polihedral

1. Alternatif pertama dengan teknik manipulasi visualisasi modul secara transparan, dengan memposisikan 3 modul yang sama dan saling tumpang tindih pada struktur rangka PPS secara simetris, dengan opsi pengoperasian yang ada pada perangkat lunak pemodelan digital 3D, dapat dieksplorasi parameter/acuan garis yang menentukan sudut tumpuan modulnya sesuai dengan masing-masing polyhedron (Gambar-6).

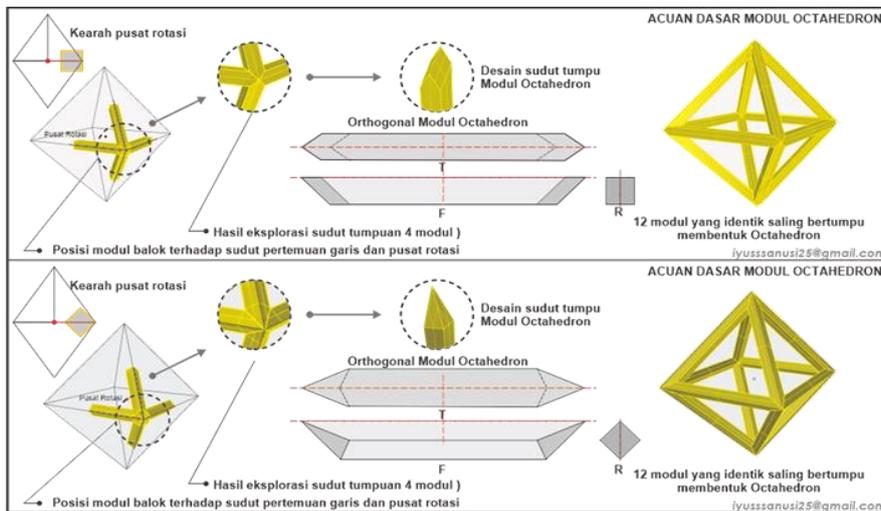
Gambar berikut merupakan ilustrasi hasil eksplorasi dan analisa bentuk desain sudut tumpu pada tiap modul, untuk masing-masing bentuk geometri PPS (Gambar 8-12). Maing-masing gambar terdiri dari 2 alternatif posisi penampang modulnya terhadap pusat rotasi polyhedronnya (gambar pada sudut kiri)



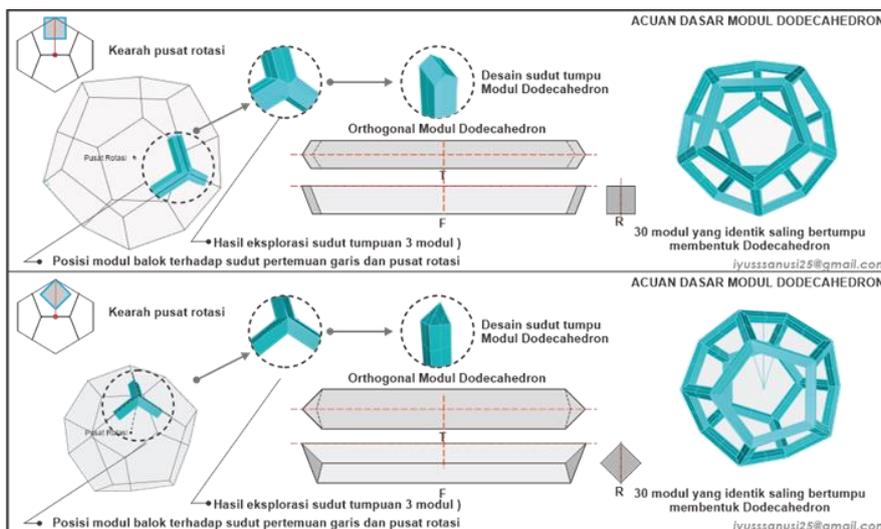
Gambar 8. Standar 'parameter sudut tumpuan' desain modular untuk modul bentuk geometri Heksahedron



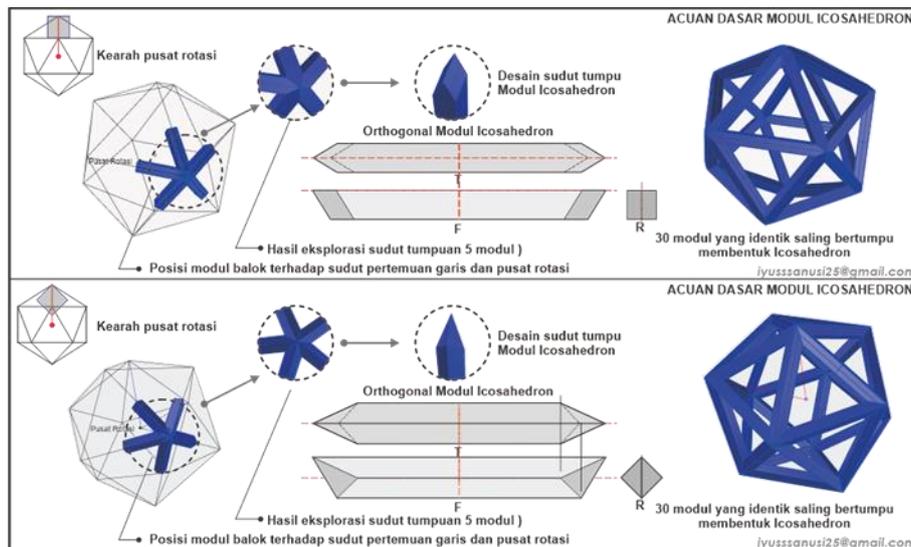
Gambar 9. Standar 'parameter sudut tumpuan' desain modular untuk modul bentuk geometri Tetrahedron



Gambar 10. Standar 'parameter sudut tumpuan' desain modular untuk modul bentuk geometri Octahedron

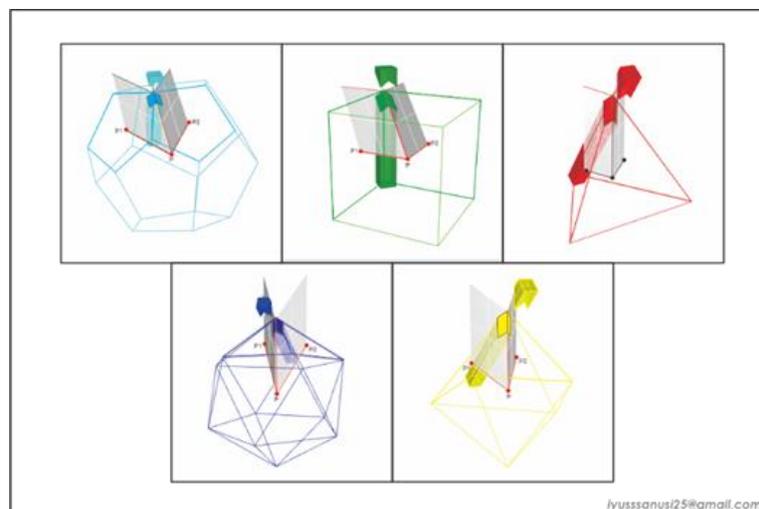


Gambar 11. Standar 'parameter sudut tumpuan' desain modular untuk modul bentuk geometri Dodecahedron



Gambar 12. Standar 'parameter sudut tumpuan' desain modular untuk modul bentuk geometri Icosahedron

Ke 5 Gambar rangkap-2 diatas merupakan gambaran tahapan penentuan parameter yang harus dipenuhi dalam proses pembentukan antarmuka (sudut tumpuan) modul 3D polyhedron secara terukur dan presisi. Mengacu kepada proses pembentukan sudut tumpuan pada Gambar-8-12, maka diperoleh 10 perbedaan bentuk sudut tumpuan yang dapat dijadikan parameter untuk varian gagasan desain modular berbasis PPS yang memungkinkan untuk dikembangkan menjadi modul desain yang memiliki nilai kebaruan.



Gambar 13. Penentuan acuan sudut tumpuan modul dengan parameter pusat rotasi poligon dan polyhedron

2. Alternatif kedua dengan cara menggunakan parameter pusat rotasi (p_1 - p_2) bentuk poligon dan pusat rotasi polyhedron (P) dari masing-masing bentuk geometri PPS. Melalui perangkat lunak pemodelan digital 3D, dengan sudah disiapkannya struktur rangka PPS yang panjang sisinya sudah ditentukan, posisikan desain modul yang akan dibentuk sudut antar muka (sudut tumpuan)nya dengan posisi seperti pada Gambar-6 . Tentukan pusat rotasi polyhedron dan 2 pusat rotasi poligon yang mengapit modulnya. Garis p_1 - P - p_2 merupakan penentu arah bidang yang memotong sudut antar muka (sudut tumpuan) , sampai pada puncak sudut polyhedron, hingga diperoleh standar sudut tumpu yang sesuai

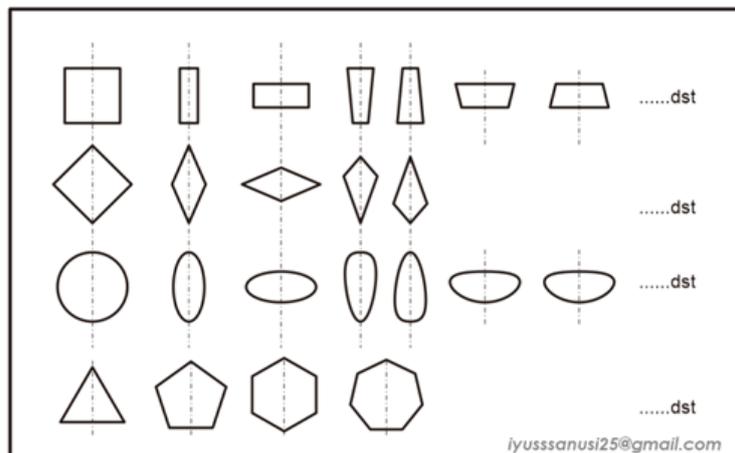
dengan prinsip modular dari masing-masing bentuk geometri PPS, dan persis sama bentuknya dengan langkah cara yang pertama (kesatu)

Melalui hasil eksplorasi dan analisa pada bagian diskusi ini, ditemukan 2 teknik yang menjelaskan/mendefinisikan[10] bahwa dengan menggunakan perangkat lunak pemodelan 3D (AI), pada prinsipnya merupakan suatu upaya berpikir secara algoritmik dalam proses menentukan parameter desain untuk diterapkan pada pengembangan varian alternatif desain modular (tahap idea)[18] yang serupa tapi tak sama berbasis bentuk geometri PPS [11],[12]. Dalam hal ini luarannya berupa alternatif standar desain sudut tumpu yang memenuhi syarat prinsip modular pada bentuk geometri PPS.

Keluaran hasil prosesnya berupa file pemodelan 3D yang dilengkapi dengan file gambar kerja 2D. Kedua bentuk file ini merupakan informasi digital yang dapat dijadikan acuan atau parameter untuk proses pembuatan master prototype (tahap *prototyping*)[18] desain modul baik melalui 3D printing, laser cutting maupun secara manual (semi masinal) . Bahkan tidak menutup kemungkinan yang disiapkan berupa file cetakan desain modulnya (molding) untuk diproses melalui 3D printing. Namun hal ini tentu sangat tergantung kepada pilihan material jenis apa yang akan dipergunakan untuk prototype desainnya.

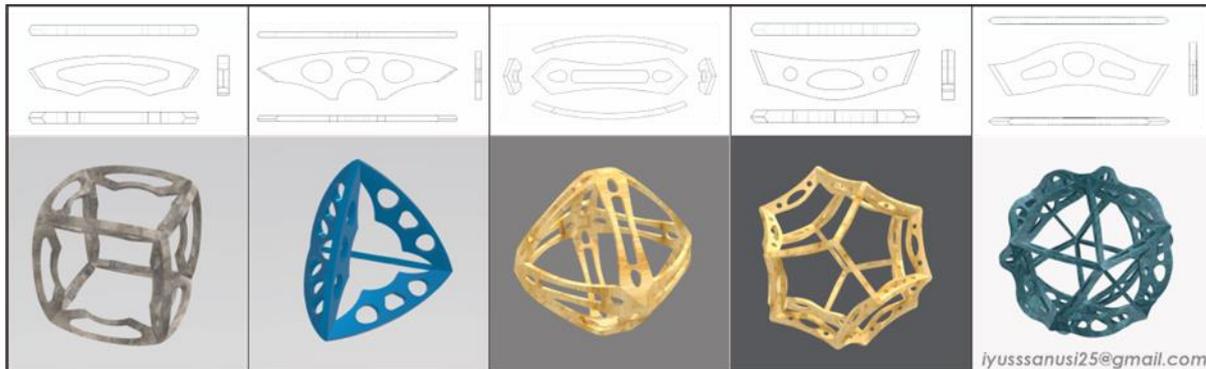
Dengan mengacu pada standar parameter hasil analisa dan eksplorasi diatas, untuk pengembangan varian desain modular berbasis PPS (Tahap Idea) dapat diterapkan dengan cara mengembangkan pada bagian bentuk penampang dan bagian bidang panjang modulnya, dengan tetap memperhatikan standar parameter sudut tumpuan yang dihasilkan pada Gambar 8 - 12 , dengan kete :

1. Pada bagian bentuk penampang harus memiliki bentuk yang simetris, baik secara vertikal maupun horizontal, atau hanya ke arah vertikal atau hanya ke arah horizontal dengan dimensi ukuran (P X L) berbeda dan harus diposisikan seperti contoh pada Gambar-11.



Gambar 14. Sebagian alternatif varian bentuk desain penampang modul berbasis bentuk polihedron platonik solid

2. Pada bagian permukaan bidang panjang modul merupakan bagian yang membuka peluang menuangkan idea dan gagasan desain dalam mengeksplorasi bentuk desain modulnya secara inovatif dan bervariasi, dengan tetap memperhatikan standar acuan sudut tumpuan masing-masing bentuk PPS.



Gambar 15. Contoh luaran gagasan desain sistem modular berbasis PPS

Kelima contoh konsep desain modular berbasis PPS melalui pendekatan parametric design, merupakan hasil ideasi (tahap idea) berupa file digital pemodelan digital melalui perangkat lunak Rhinoceros, yang belum dikaitkan dengan aspek fungsinya dan masih menjadi bagian hasil studi dari eksplorasi varian bentuk satuan modulnya. Tentu dalam pengembangannya untuk menjadi suatu desain produk yang fungsional akan disesuaikan dengan peruntukannya.

Implikasi sistem desain modular berbasis PPS terhadap proses produksi dan perakitan

Pilihan jenis material akan sangat menentukan dalam pengkategorian nilai fungsi dari desain produk yang akan dirancang, untuk apa, siapa, dimana dan bagaimana desain modular ini dapat direalisasikan.[15]

Bila dikaitkan dengan test/proses (tahap uji kelayakan)[18] produksi dan teknis perakitannya, ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan, diantaranya terkait dengan pilihan jenis material yang akan menentukan teknis proses produksinya.

1. Bila jenis materialnya berupa bahan baku seperti kayu dan metal, maka teknis produksinya akan diproses secara manual/semi masinal dengan acuan berupa pola/*pattern* dari gambar Orthogonal 2D yang dibuat secara manual maupun melalui software pemodelan digital 3D. Hal ini jika diproses produksi oleh Industri kecil/menengah, akan berpengaruh terhadap pola berpikir perajin/pekerja dalam tahapan proses produksinya, karena terkait dengan syarat keakuratan desain modul yang diharapkan. Tuntutannya terkait dengan kemampuan teknis dan pengetahuan perajin/pekerja dalam menterjemahkan gambar menjadi bentuk 3D suatu desain modular perlu ketelitian dan konsisten dalam mengeksekusi bentuk yang diharapkan, karena dalam jumlah modul tertentu prosesnya secara bertahap dan berulang sesuai dengan pilihan bentuk PPS nya. Hal ini diperlukan karena erat kaitannya dengan tahap proses perakitan, dimana tiap modul dengan jumlah tertentu harus dapat dipadukan dengan akurat agar menghasilkan bentuk desain final yang sempurna.
2. Untuk pilihan proses produksi lainnya, dengan memanfaatkan teknologi pemotong digital (*laser cutting*) untuk mengolah bagian permukaan bidanganya, sementara pada bagian sudut tumpunya diproses secara manual dengan menggunakan pola acuan yang sama. Tentu kriteria pemilihan bahan baku jenis material kayu/metal yang akan dipergunakan harus memiliki ketebalan yang sesuai dengan kemampuan alat pemotong digitalnya (*laser cutting*). Kelebihannya tingkat keakuratannya akan lebih sempurna dari proses produksi secara manual, dan memungkinkan untuk menyiapkan gagasan desain permukaan modulnya yang lebih bervariasi.

3. Jika materialnya berupa granul, serbuk atau limbah material yang didaur ulang, tentu akan melalui suatu proses produksi dengan sistem cetak. Dengan bekal master desain modular berupa file cetakan pada pemodelan digital 3D, seiring dengan perkembangan teknologi yang ada untuk membuatnya, kini dapat diproses melalui 3D printing dengan penyesuaian material cetakannya.[19] Kelebihannya terkait dengan bentuk cetakannya yang dapat disesuaikan dengan jumlah modul dari pilihan bentuk polyhedronnya. Misalnya bentuk tetrahedron membutuhkan 6 modul yang sama pada 1 desain cetakan, agar 1 kali cetak dapat langsung melalui proses perakitan secara lengkap. Dari sisi kapasitas produksi dan durasi waktu yang dibutuhkan tentu lebih unggul bila dibanding dengan 2 pilihan proses produksi diatas.

Dari ke 3 pilihan proses produksi diatas, untuk tahapan proses perakitan tiap modul tentu akan sangat tergantung dari jenis pilihan materialnya, namun pada prinsipnya bagaimana dari tiap antar muka (tumpuan) dapat digabungkan/disatukan dengan tepat dan kokoh dengan perekat atau pepadu agar tidak merubah struktur bentuk yang sudah direncanakan.

Kemungkinan untuk dikembangkan menjadi suatu desain produk fungsional tentu akan sangat terbuka dan tergantung kepada idea kreatif desainernya dalam memutuskan solusi kebaruan dan peruntukan yang ditawarkannya. [20]

KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan eksplorasi parameter untuk pengembangan desain modular berbasis PPS dapat dijelaskan bahwa:

1. Dalam menentukan satuan desain modul berbasis PPS, sangat ditentukan oleh parameter bentuk antar mukanya (tumpuannya), serta harus berbentuk simetris kesemua arah.
2. Dalam proses pembentukan desain modular, memerlukan pemahaman logika struktur bentuk dari kelima PPS, serta secara imajinatif dapat membayangkan variable parameter yang tak tampak secara kasat mata.
3. Temuan parameter atau acuan untuk menentukan sudut antar muka (tumpuan) dari kelima bentuk PPS ini, diperoleh dari hasil analisis dan eksplorasi secara algoritmik, dengan ditunjang secara simultan melalui media gambar 2 dimensi maupun media gambar pemodelan 3 dimensi[6]
4. Hasil analisa ini bersifat universal, karena basis pengukurannya bersifat umum dan dapat diprediksi.

Bentuk Platonik Solid merupakan bagian dari ilmu pengetahuan yang berlaku umum, maka semua hasil eksperimen ini tidak mutlak hasil temuan penulis, karena hasil analisa dan eksperimen bentuk modul geometri platonik solid ini dapat dipelajari dan berlaku umum. Siapapun yang mengetahui dan memahami bentuk polihedral Platonik Solid, bila mempelajari aspek geometrik desain , akan menghasilkan varian desain modul bentuk yang inovatif. Kemampuan kecerdasan visual spasial [8] merupakan salah satu bagian dari proses berpikir algoritmik[6] yang dapat menjembatani pemahaman prinsip-prinsip modular bentuk geometri polyhedron, karena secara visual dapat memicu proses berpikir yang berorientasi pada dimensi ruang, garis, struktur, warna dan logika perspektif yang terbentuk dari objek tersebut .

Dari hasil penelitian ini penerapan metode parametric design ini tentu berlaku untuk dapat diterapkan pada bentuk geometri Polyhedron Archimedean Solid [3], yang juga dapat dijadikan bahan studi kasus untuk pengembangan suatu desain produk fungsional.

Harapan melalui hasil penelitian ini dapat menjadi rujukan untuk bahan ajar yang berkaitan dengan Gambar Teknik, Pemodelan Digital 3D, Bahan dan Proses Produksi serta Workshop material dan yang utama dapat dimanfaatkan untuk rujukan dalam inovasi pengembangan desain produk fungsional.

PUSTAKA

- [1] E.W Weisstein, ""Platonic Solid." A Wolfram Web Resource. [Online]. Available: <https://simplicable.com/new/experiment-variables>
- [2] Pietro Giuseppe Fre', "Plato and the Regular Solids," in *A Conceptual History of Space and Symmetry*, 2018. Accessed: Jul. 24, 2024. [Online]. Available: https://www.google.co.id/books/edition/A_Conceptual_History_of_Space_and_Symmet/KoFuDwAAQBAJ?hl=id&gbpv=0
- [3] K. J.M. MacLean, in *A Geometric Analysis od the Platonic Solids and Other Semi-Regular Polyhedra*, 2007th ed. [Online]. Available: https://www.google.co.id/books/edition/A_Geometric_Analysis_of_the_Platonic_Sol/vINuAwAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=Geometry+Platonic+Solid&printsec=frontcover
- [4] K. Erlam, *Geometry Of Design*, 2nd ed., 2 vols. New York: Pinceton Architectureal Press.
- [5] I. S Sanusi, "Analisa Geometrik Polihedron Platonik Solid," *Jurnal Desain Indonesia*, vol. 1, no. 1, pp. 31–44, Jan. 2019, doi: <https://doi.org/10.52265/jdi.v1i1>.
- [6] "Algorithmic Thinking." [teachinglondoncomputing.org](https://teachinglondoncomputing.org/resources/developing-computational-thinking/algorithmic-thinking/). [Online]. Available: <https://teachinglondoncomputing.org/resources/developing-computational-thinking/algorithmic-thinking/>
- [7] Adri' an Bacelo and In' es M. G' omez-Chac' on, "Characterising Algorithmic Thinking: A University study of unplugged activities," *Thinking skills and creativity*, vol. 48, doi: 10.1016/j.tsc.2023.101284.
- [8] Ewafabri, "KECERDASAN VISUAL (VISUAL INTELLIGENCE) : PENGERTIAN, CIRI-CIRI DAN CARA MENINGKATKAN," ewafabri | Journaling Blog. [Online]. Available: <https://www.ewafabri.com/2023/11/kecerdasan-visual-pengertian-ciri-dan-cara-meningkatkan.html>
- [9] S. Guaman-Quintanilla, P. Everaert, K. Chiluiza, and M. Valcke, "Impact of design thinking in higher education: a multi-actor perspective on problem solving and creativity," *International Journal of Technology and Design Education*, pp. 217–240, 2023, doi: <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09724-z>.
- [10] "Design Thinking and Artificial Intelligence: A Systematic Literature Review Exploring Synergies".
- [11] Daniela Bertol, "The parametric making of geometry: the Platonic solids," *International Journal of Rapid Manufacturing*, vol. vol.6,no.1, pp. 33–52, Sep. 2016, doi: <https://doi.org/10.1504/IJRAPIDM.2016.078743>.
- [12] Daniela Bertol, "The Making of Geometry, ," *Procedia Technology*, vol. 20, pp. 39–45, doi: <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2015.07.008>.
- [13] UNext Editorial Team, "What is a Modular Design? Everything You Want to Know in 8 Easy Answers!," UNext. [Online]. Available: <https://u-next.com/blogs/product-management/modular-design/>
- [14] Aina Zafar, "What is Modular Design and How to Implement it in 5 Easy Steps?," Denovers. Accessed: May 30, 2024. [Online]. Available: <https://denovers.com/blog/what-is-modular-design/>
- [15] Ariani Rachman, Awang Eka Novia R, and Gihon Nugrahadi, "LEARNING MATERIALS AND LEARNING METHODS IN MATERIALS FOR PRODUCT COURSE FOR BASIC PRODUCT DESIGN EDUCATION," *Jurnal Desain Indonesia*, vol. 01, Nomor 02, pp. 73–78, Nov. 2019, doi:

- <https://doi.org/10.52265/jdi.v1i2.25>.
- [16] A. Hariadi, N. Afif, and A. P. Cinderakasih, *Desain Parametrik*. Gajah Mada University Press, 2021. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=gn55EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA14&dq=parametrik+desain&ots=-mDWTlyrVG&sig=S_U-P4tgKKpBLVQuQX_cyygbwfm&redir_esc=y#v=onepage&q=parametrik%20desain&f=false
- [17] J. Spacey, "9 Types of Experiment Variables." Jun. 23, 2019. Accessed: May 22, 2024. [Online]. Available: <https://simplicable.com/science/experiment-variables>
- [18] Nicolas Rösch, Victor Tiberius, and Sascha Kraus, "Design thinking for innovation: context factors, process, and outcomes".
- [19] Leechan Choi and Minjoo Choi, "Modular production of small ship models using 3D printing for model tests," *Ocean Engineering*.
- [20] A. K. Kamrani and S. M. Salhieh, *Product Design For Modularity*, 2nd edition. Springer Science+Business Media, LLC. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?id=FpC-BwAAQBAJ&pg=PA217&dq=Modularity+Design+-+Kamrani+and+Salhieh&hl=id&newbks=1&newbks_redir=0&sa=X&ved=2ahUKEwixo4zZ0ae-GAxX5zDgGH6sBMMQ6AF6BAgKEAI#v=onepage&q=Modularity%20Design%20-%20Kamrani%20and%20Salhieh&f=false