

RHINOCEROS 3D

Interface
Alur Kerja
Jenis Obyek
Membuat
Modifikasi
Memproduksi

2. COMPUTER AIDED DESIGN - DASAR-DASAR RHINOCEROS 3D

Pengaturan Atribut Teks

Karena ada beberapa istilah dalam bahasa Inggris menyangkut fitur, perintah, atau atribut yang ada di software Rhinoceros dan Grasshopper, yang sama dengan istilah yang memiliki makna denotatif dalam bahasa Inggris, maka agar tidak membingungkan penulis menuliskan standar penulisan atribut teks sebagai berikut.

Tabel 2.Pengaturan Atribut Teks

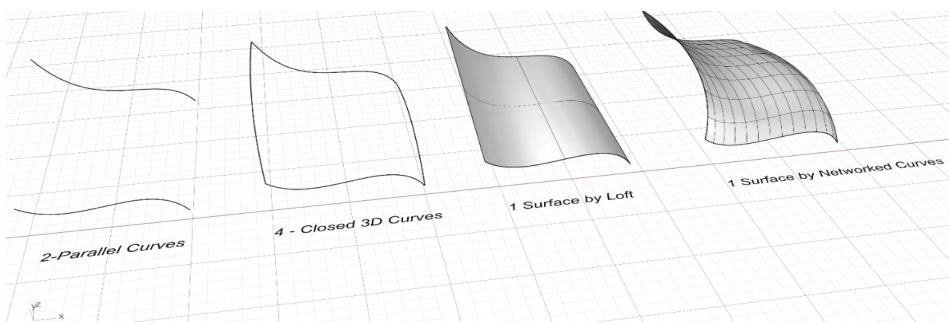
Keterangan	Atribut Teks	Contoh
Istilah bahasa Inggris umum, parameter, keterangan pada Rhinoceros maupun Grasshopper	normal	surface, polysurface, software
Istilah bahasa Inggris spesifik, atau penekanan atas teknik atau metode tertentu.	<i>Italic atau (italic)</i>	<i>surface modeler, extrusion, (surface)</i>
Nama fitur atau perintah di Rhinoceros	Bold	Ellipse
Nama komponen Grasshopper	Bold	Evaluate Curve

2.1. Halo Rhinoceros!

Sebelum mempelajari prinsip kerja Rhinoceros sebagai software untuk membuat model-model 3D, perlu diketahui beberapa jenis-jenis obyek yang dapat dibuat dan dimodifikasi dengan Rhinoceros ataupun nantinya, menggunakan Grasshopper. Mengetahui anatomi dan properti beberapa jenis obyek membantu kita dalam memahami bagaimana teknik mengedit dan memodifikasi obyek-obyek tersebut.

2.1.1. Jenis Obyek

Rhinoceros adalah software pemodelan 3D berbasis surface (*Surface Modeler*). Artinya Rhino memiliki banyak fitur untuk membuat dan memodifikasi obyek, namun kekuatan fitur utama adalah pada pemodelan dan modifikasi obyek permukaan (*surface*). Apa itu surface? Definisi surface di Rhino adalah: *obyek bidang yang memiliki ketebalan minimal, fleksibilitas maksimal dan dapat dikatakan adalah sebuah digital membran yang dibuat melalui definisi matematika*.



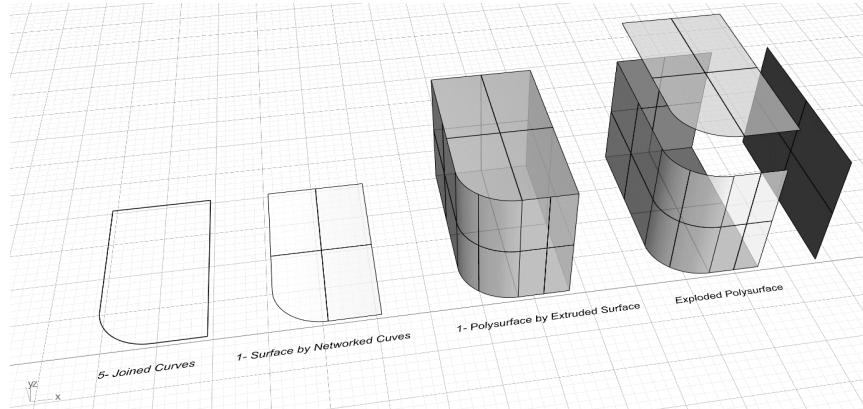
Gambar 14. Representasi surface

Surface

- Representasinya adalah outline ditambah beberapa kurva di dalam outline tersebut. Kurva pembentuk surface ini disebut: *Isocurve*.
- Surface dibuat atau didefinisikan dari titik-titik pada outline dan titik-titik interior.

Polysurface

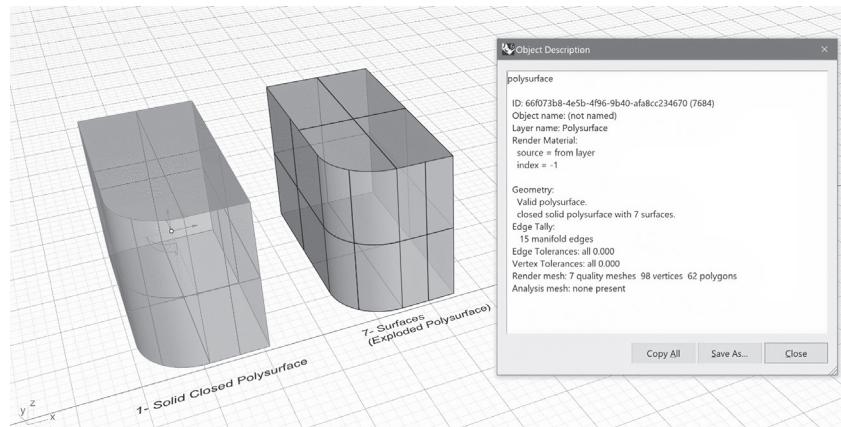
- Jika surface adalah bidang, maka polysurface adalah gabungan beberapa surface membentuk obyek 3 dimensi.
- Syarat polysurface adalah, sambungan pada edge pada setiap surface harus merupakan satu kesatuan.
- Sebuah polysurface yang semua sisinya tertutup akan membentuk solid.



Gambar 15. Polysurface

Solid

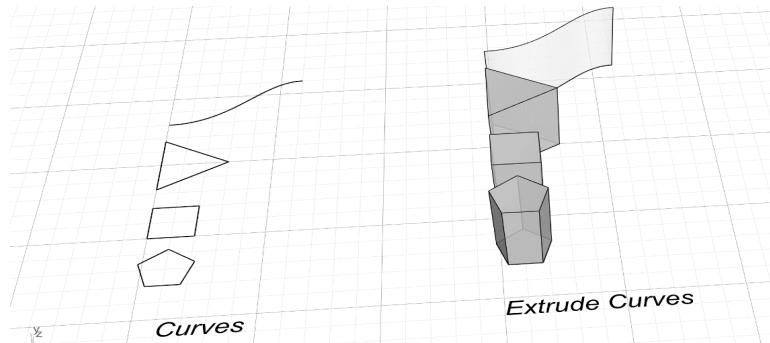
- Obyek 3 dimensi yang memiliki volume.
- Solid dapat dibuat melalui gabungan beberapa surface, beberapa polysurface.



Gambar 16. Solid (kiri); Surface- obyek polysurface yang di-explode (Kanan)

Lightweight Extrusion

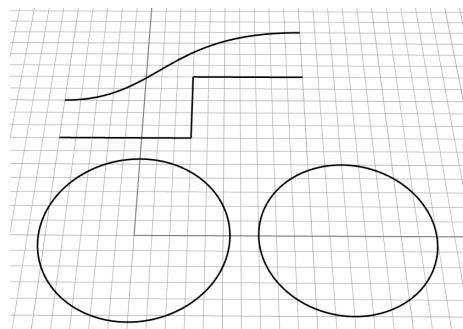
- Adalah obyek-obyek 3D (solid maupun polysurface) yang dibuat dengan metode *extrusion* dari kurva dengan parameter jarak dan arah *extrusion*.
- Obyek-obyek ini lebih ringan (file lebih kecil) dan dieksekusi lebih cepat dibanding misalnya obyek Mesh.



Gambar 17. Lightweight extrusion objects

Kurva/Curve

- Curve adalah obyek satu dimensi, hanya memiliki panjang dan arah serta titik awal dan titik akhir.
- Yang termasuk curve adalah: Line, Polyline, Arc, Ellipse, Circle, Polygon dan lain-lain yang tidak memiliki informasi luas dan volume.
- Polycurve adalah gabungan dari beberapa curve yang membentuk kurva tertutup.
- Curve adalah input untuk membuat surface dan solid/polysurface. Anda dapat mengekstrak curve dari surface, anda dapat mengekstrak point dan edge dari suatu curve.



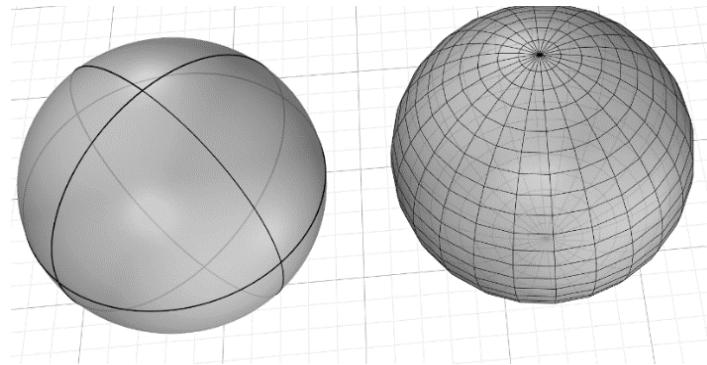
Gambar 18. Curves

Polygon Meshes

- Adalah obyek 3D spesial yang berbeda dengan solid maupun polysurface.
- Polygon mesh terdiri dari unit-unit face yang merupakan kurva tertutup dari beberapa vertex (*vertices point*) dimana titik-titik ini dihubungkan dengan sebuah garis lurus.

Umumnya unit face ini membentuk polygon bersisi tiga atau empat.

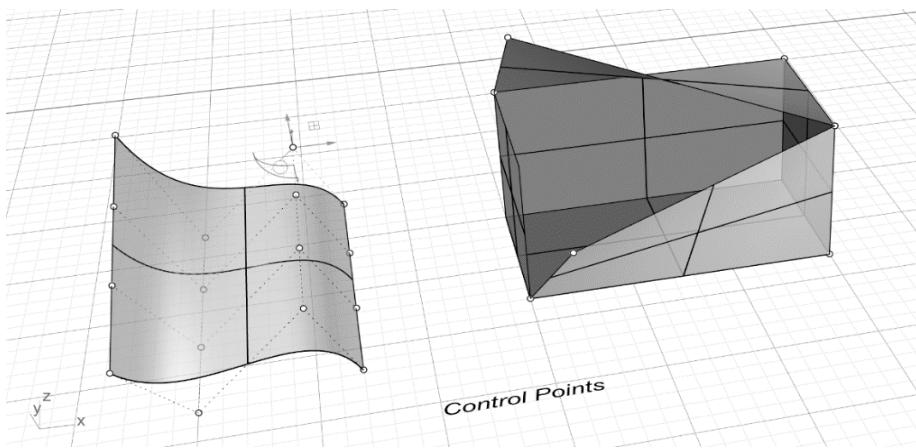
- Karena dibentuk dari unit polygon, maka informasi 3D dari obyek ini hanya ada pada setiap titik dari polygon pembentuknya. Sehingga, semakin banyak unit polygon yang membentuk sebuah obyek, semakin halus/ semakin akurat bentuk 3D keseluruhannya.
- Jika surface, solid, polysurface adalah obyek-obyek imajiner/virtual/maya, maka mesh adalah obyek yang dapat di-aktualisasikan, dapat dicetak, dapat direalisasikan melalui mesin-mesin fabrikasi.



Gambar 19. Solid (kiri); Mesh (kanan)

Control Points

- Rhinoceros adalah software pemodelan NURBS sehingga salah satu fitur utama adalah manipulasi surface menggunakan *Control Point*.
- Control point adalah point-point pada surface/polysurface yang dapat dimanipulasi, dimodifikasi, yang mempengaruhi bentuk surface/polysurface bersangkutan.
- Control point adalah *handle grips* yang dapat digerakkan ke arah X,Y,Z.
- Sebuah surface memiliki control points lebih banyak dari titik-titik (points) yang ada di setiap pojok/ corner atau di sisi/edge-nya.

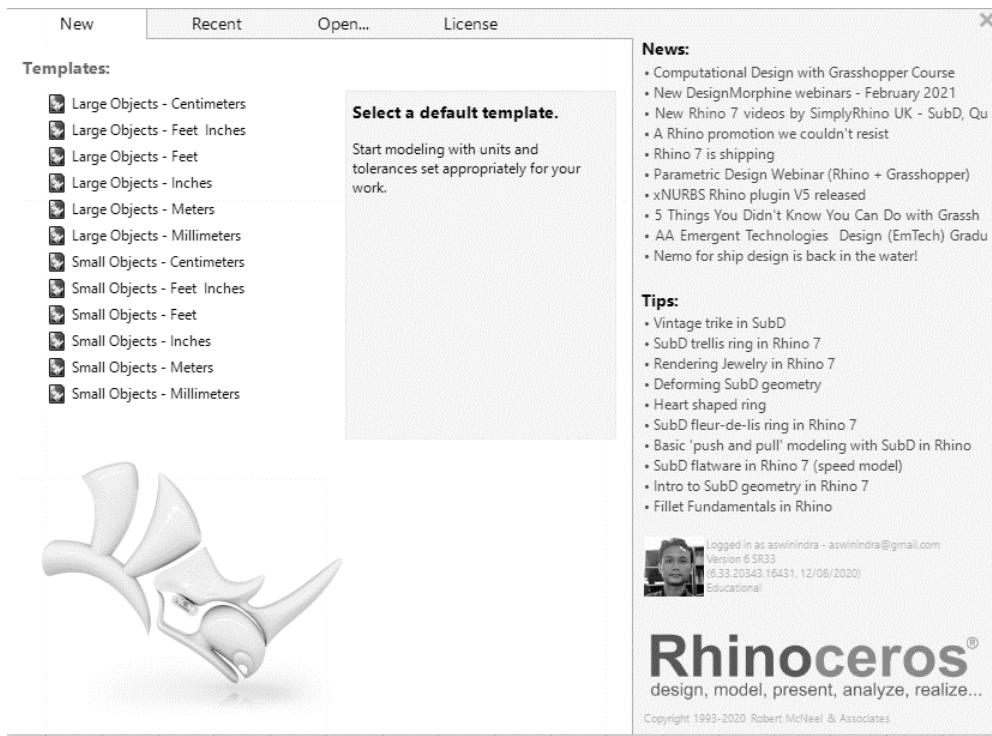


Gambar 20. Control Points

Point

- Di Rhinoceros, anda dapat mendefinisikan titik/point yang merupakan obyek yang hanya memiliki informasi posisi: X,Y,Z.
- Point menjadi elemen utama dalam membuat curve.

2.1.2. User Interface dan Navigasi

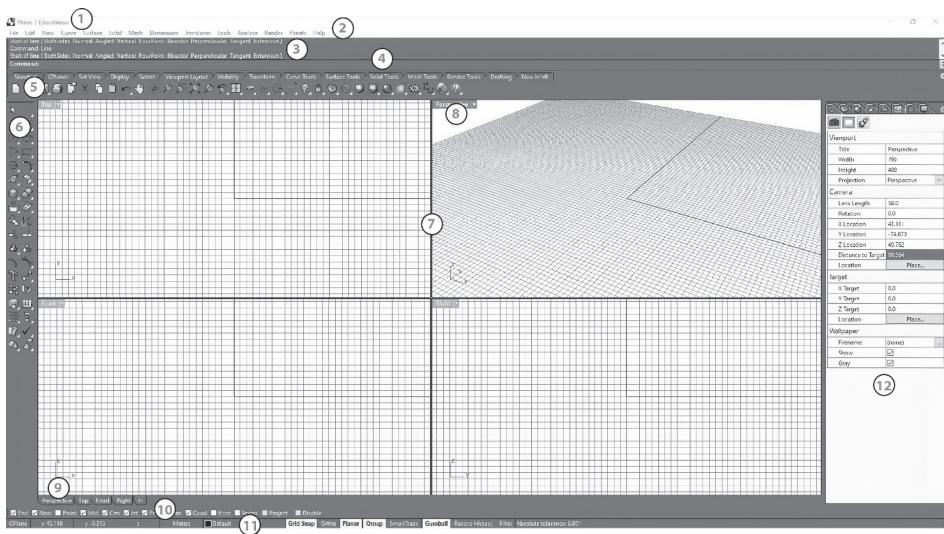


Gambar 21. Jendela pembuka Rhinoceros

Ketika pertama kali membuka Rhinoceros, anda akan menemui jendela seperti di atas (atau anda dapat akses jendela ini di *Help → About Rhinoceros*). Beberapa hal yang anda dapat di sini adalah:

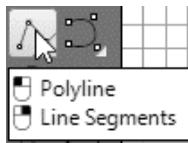
- **New Templates:** sesuai dengan unit yang anda tentukan: mm, cm, m, atau unit Imperial.
- **Recent:** menampilkan file-file terakhir yang anda kerjakan.
- **Open:** membuka file Rhinoceros (.3dm).
- **License:** mengecek jenis lisensi Rhinoceros.

Disamping itu anda dapat mengakses beberapa berita terbaru terkait Rhinoceros dan Grasshopper, workshop, dan sebagainya.

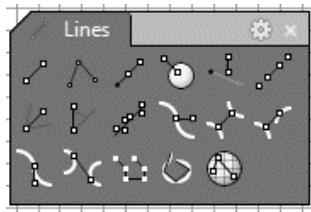


Gambar 22. Rhinoceros User interface

1. **Window Title:** menampilkan file yang sedang dibuka dan ukuran filenya.
2. **Menu:** dipisahkan berdasarkan kelompok fungsinya.
3. **Command Windows:** perintah melalui teks. Semua perintah baik melalui teks maupun melalui ikon, akan otomatis ditampilkan lewat *Command Window*. Anda dapat memanggil perintah dengan mengetikkan huruf depan, maka perintah-perintah dengan huruf depan yang sama akan muncul pada jendela ini.
4. **Command Prompt:** area dimana anda memasukkan perintah melalui teks, kemudian tekan [ENTER].
 - a. Perhatikan bahwa setiap perintah seringkali memiliki perintah turunan yang meminta anda memasukkan data input baik data berupa teks, angka, atau data berupa obyek lain di Rhino. Selalu perhatikan perintah turunan apa yang sedang aktif dan jenis data apa yang harus dimasukkan.
 - b. Untuk memilih menu pada perintah turunan, anda dapat klik menggunakan mouse atau ketik huruf yang memiliki UNDERLINE (misalnya: Start, karena huruf t memiliki UNDERLINE, maka untuk memilih menu start, anda ketik huruf “t” pada keyboard).
 - c. Untuk mengulang perintah sebelumnya, tekan [ENTER] atau [SPACEBAR].
 - d. Untuk cancel sebuah perintah, tekan [ESC]
5. **Toolbar Group:** koleksi ikon-ikon perintah yang dikelompokkan berdasarkan fungsi dan karakter perintahnya.
6. **Sidebar:** koleksi ikon-ikon perintah yang sudah dikelompokkan berdasarkan jenis perintah atau jenis obyek. Yang paling atas adalah seleksi dan titik/point, makin ke bawah makin ditujukan untuk pembuatan atau modifikasi obyek yang lebih kompleks.
 - a. Pada ikon, jika anda letakkan mouse di atasnya, tanpa di-klik, akan muncul *tooltip*. Ini menunjukkan anda dapat memilih, mana ikon perintah yang akan di-klik. Opsinya hanya dua biasanya, klik kiri atau klik menggunakan tombol kanan mouse. Selalu cek tooltip untuk memasukkan perintah.

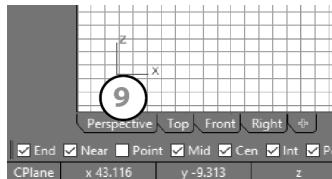


- b. *Cascading Toolbar*: Pada ikon, jika ada segitiga kecil pada sudut kanan bawah, maka ikon itu memiliki menu atau ikon-ikon turunan. Klik pada segitiga itu untuk melihat ikon-ikon perintah yang lain.



7. Viewport:

- Anda dapat *resize* masing-masing viewport dengan mouse.
- Pada masing-masing viewport terdapat Construction Plane Grid, Background, dan ikon aksis.
- Pada masing-masing viewport terdapat Graphic Style: Wireframe, Ghosted, Shaded, dan lainnya
- Untuk membuat sebuah viewport menjadi *Full Screen*, double-click pada nama viewport, dan untuk mengembalikan kembali ke ukuran semua, double-click kembali pada nama viewport bersangkutan.
- Viewport toolbar: merupakan *preset* viewport yang dapat anda pilih.



10. **Osnap Control**: Beberapa pilihan object snap: *Endpoint*, *Midpoint*, *Intersection*, *Perpendicular*, dan lainnya.

11. **Status Bar**: terletak di bagian bawah viewport dan berisi beberapa informasi penting terkait posisi obyek, osnap yang aktif, unit yang berlaku, dan lain-lain.

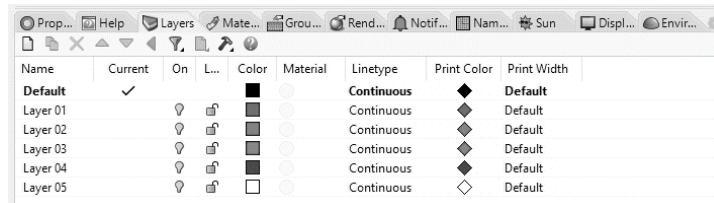


- Smart Track*: jika ON berarti mengaktifkan fitur yang membantu memperkirakan jarak-jarak terhadap datum-datum (titik, pertemuan garis, dan lainnya).
- Filter*: jika ON akan membantu menyeleksi obyek berdasarkan jenis obyeknya.
- Record History*: jika ON, akan merekam satu kali perintah dan geometri memiliki hubungan asosiatif dengan hasil akhir.

12. **Panel**: Seperti halnya Toolbar, panel juga terdiri dari beberapa Tab yang letaknya biasanya di sisi kanan viewport. Beberapa tab standar yang ada adalah:

- Object Properties
- Layers

- c. Help
- d. Materials
- e. Group
- f. Renderings
- g. Dan lainnya.



Gambar 23. Panels (Sumber: Rhino 6 User Guide)

2.1.3. Memasukkan perintah (*Command Launching*)

Panduan umum, baca dan selalu perhatikan **Command Line** dan perintah-perintah turunan yang muncul setelah perintah utama.

Ada lima cara dalam memasukkan perintah di Rhino:

1. Menu : Perintah pada menu pull-down
2. Icon : Perintah pada icon
3. Command Line : perintah melalui teks pada command line
4. Pop-up menu : perintah menggunakan tombol tengah mouse
5. Keyboard shortcut : perintah yang dapat dikustomisasi

Ada empat cara dalam mengulangi perintah sebelumnya:

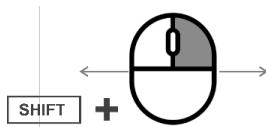
1. Klik kanan mouse : mengulangi perintah terakhir.
2. Spacebar : mengulangi perintah terakhir.
3. Enter : mengulangi perintah terakhir.
4. Klik kanan mouse pada command line : memilih 15 perintah terakhir.

2.1.4. Tombol-Tombol dengan Mouse

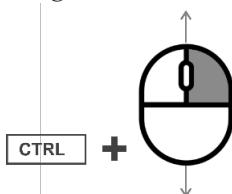
1. Tombol kiri mouse: memilih obyek, menentukan titik lokasi
2. Tombol kanan mouse:
 - a. Mengulangi perintah sebelumnya
 - b. Drag+ tombol kanan mouse: pada perspektif adalah rotate camera, pada viewport orthogonal: PAN



- c. Drag SHIFT + tombol kanan mouse: PAN pada viewport perspektif



d. Drag CTRL+tombol tengah mouse: ZOOM IN/OUT



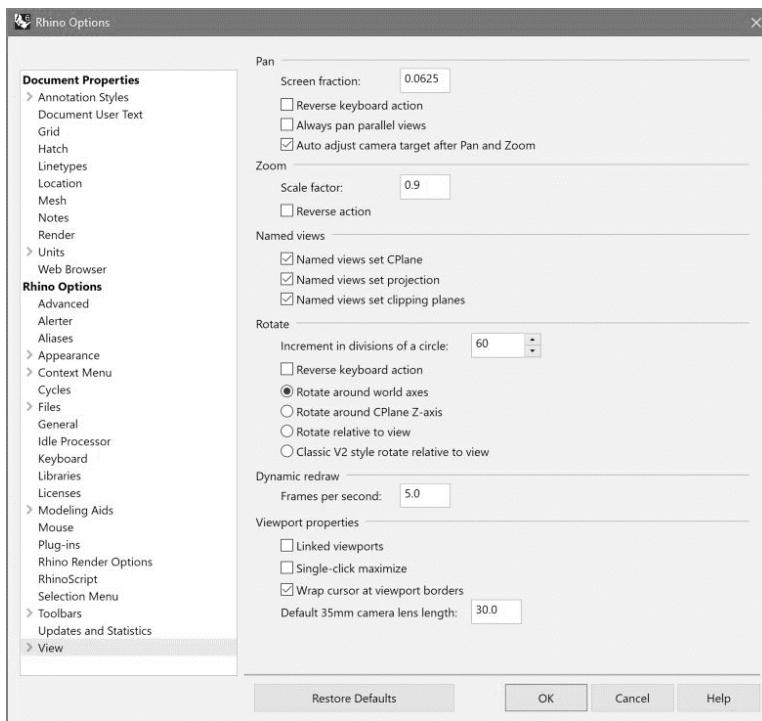
3. Tombol scroll : zoom in/out



2.2. Alur Kerja Dasar dan *Setting*

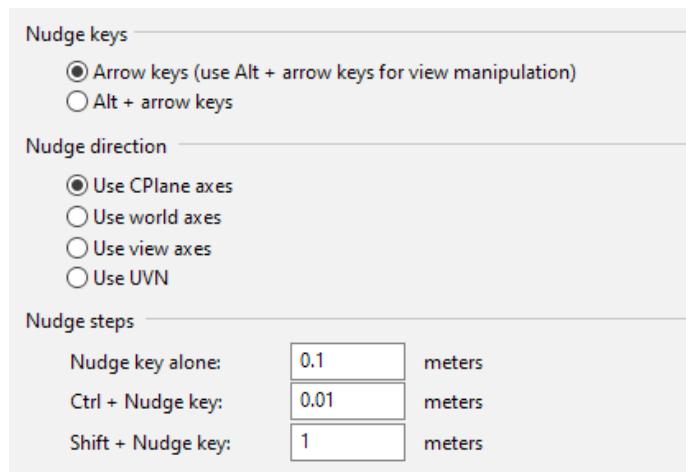
2.2.1. Preferences

Preferences adalah *setting* untuk mengatur semua perangkat antar muka Rhinoceros.



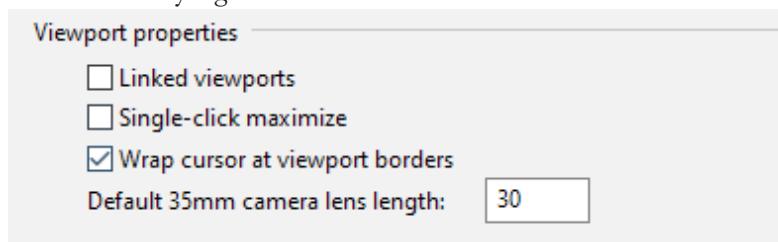
Gambar 24. Options

- **Command Line:** Options, atau Tools → Options
- **Document Properties:** setting yang melekat pada file. Jika file Rhino dibuka di tempat lain, document setting ini akan tetap berlaku.
- **Rhino Options:** setting yang melekat pada software Rhino di komputer.
- Beberapa opsi yang diperhatikan:
 - o Units
 - o Grid, Snap
 - o **Modeling Aids → Nudge :** menggerakkan (move) obyek dengan tombol panah, dengan *snap* menggunakan kombinasi CTRL dan SHIFT untuk jarak-jarak tertentu.
 - Untuk lebih memudahkan, kita bisa set **Nudge Keys** menjadi: Arrow Keys, dan set langkah (step) sesuai dengan yang diinginkan, dan sangat dianjurkan, sesuai dengan setup grid, baik minor maupun mayor. Jadi, dengan menentukan Nudge step dan Nudge keys, kita lebih efektif memindahkan obyek dalam interval jarak tertentu.



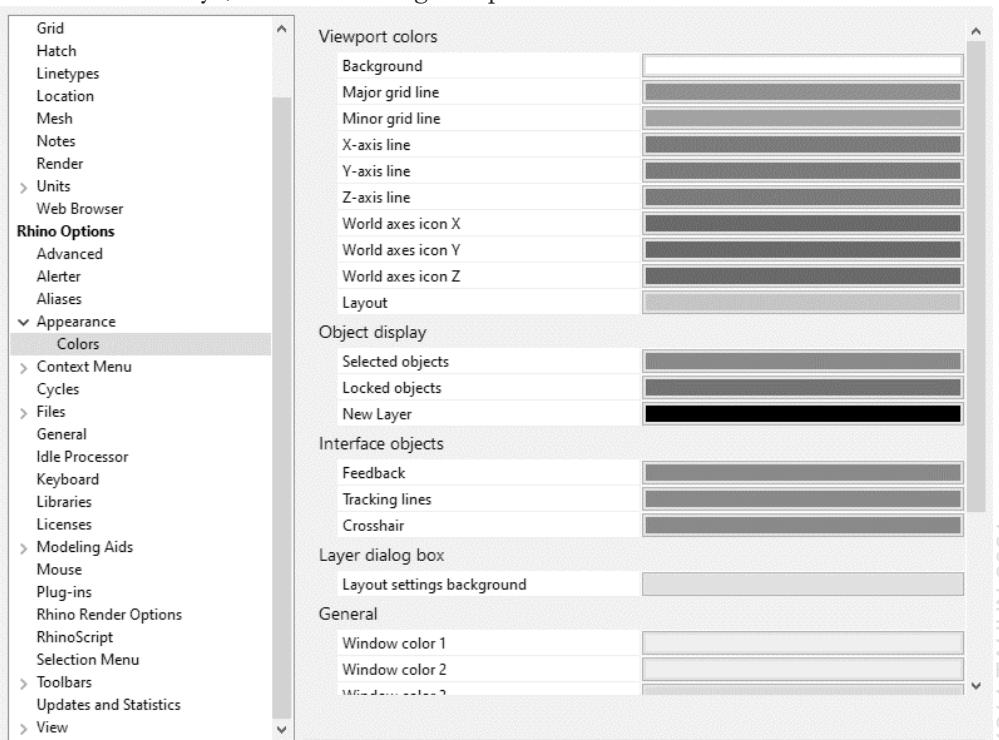
Gambar 25. Nudge

- o **View → Default 35mm camera lens length :** 30 (default: 50mm) agar kamera memiliki sudut yang lebih lebar.



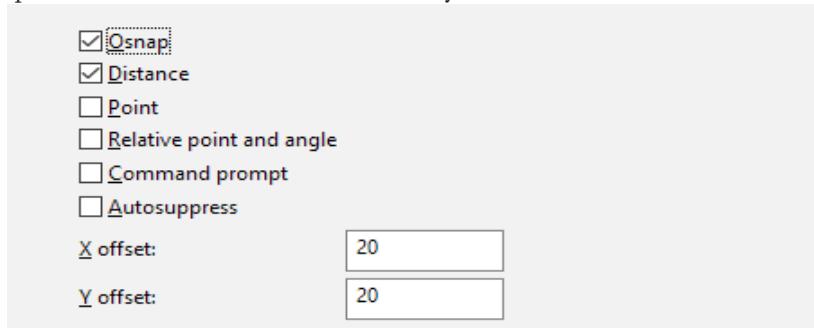
Gambar 26. View Default Camera Lens

Viewport Properties > Linked Viewport: Viewport akan terkoordinasi sehingga perintah Zoom, Pan di salah satu Viewport akan berakibat pada Viewport yang lain.



Gambar 27. Color Setup

- Modelling Aids → Cursor Tooltips, Informasi yang muncul pada kursor ketika proses membuat atau memodifikasi obyek.



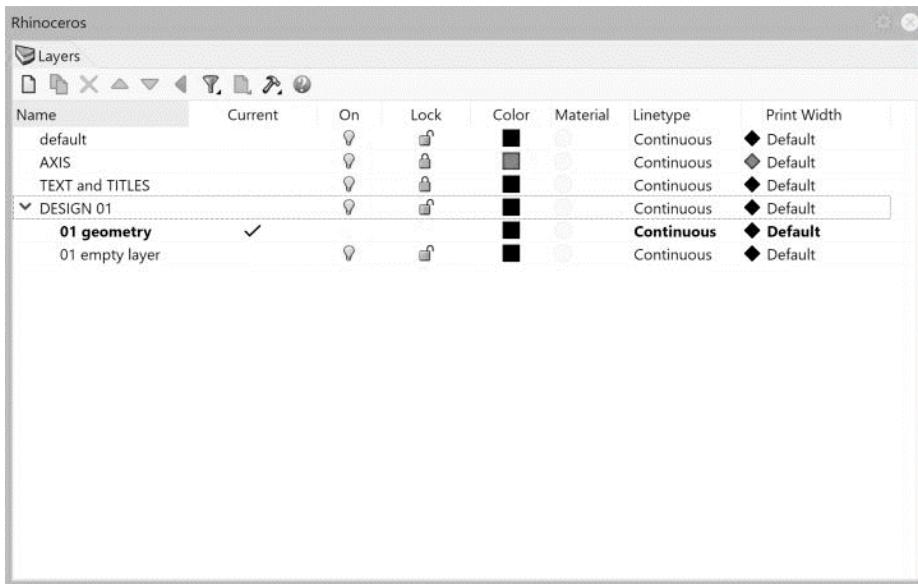
Gambar 28. Cursor Tooltip

2.2.2. Metode Memilih Obyek

- Seleksi dengan klik, untuk menambah seleksi tekan SHIFT, mengurangi seleksi tekan CTRL.
- Window selection* (kotak dengan garis kontinyu): drag mouse dari kiri ke kanan, semua obyek yang berada di dalam kotak akan terseleksi.

- *Cross selection* (kotak dengan garis putus-putus): drag mouse dari kanan ke kiri, semua obyek yang berada di dalam dan terpotong dengan kotak akan terseleksi.
- *Select By Entity Type*: Curves, Surface, Polysurface, dan lainnya.

2.2.3. Bekerja dengan Layer



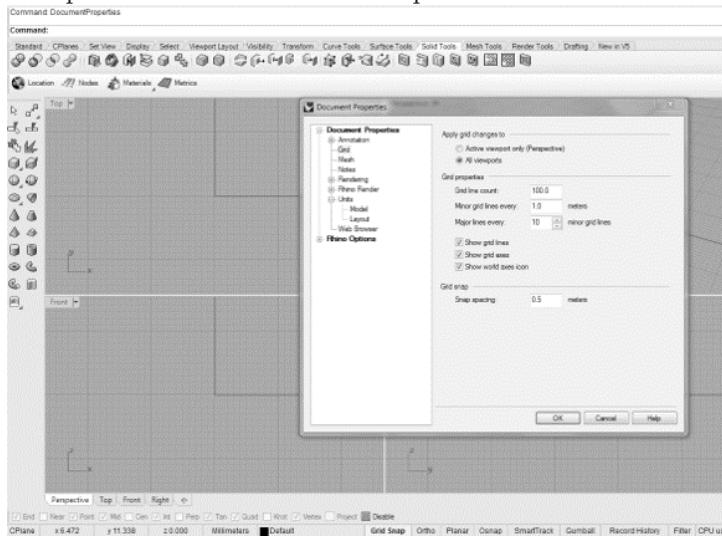
Gambar 29. Layers

- Properti Layer: Name, On/Off, Lock/Unlock, Color, Material, Linetype, Print Width.
- Group Layer: layer dengan sub layer (fungsi ini mirip dengan manajemen layer di Adobe Photoshop).
- Memasukkan obyek ke Layer tertentu: pilih obyek → Property → Ganti Layer
- Duplicate Layer AND Object: bekerja jika layer memiliki obyek.

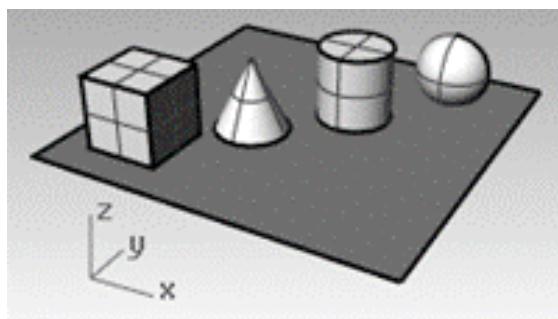
Latihan 1: Getting Started

1. Setup Environment:

- New File
- Ketik: Options untuk masuk ke menu options:



- Units: meter
 - Ganti background
 - Ganti ukuran major grid dan minor grid (1 grid mayor=10 grid minor)
 - Buat berbagai layer: point, curve, surface dengan masing-masing warna yang berbeda
 - Ganti ukuran grid snap
 - Cek lokasi backup save
2. Buat beberapa objek seperti tergambar dengan ukuran kira-kira seperti yang dicontohkan.

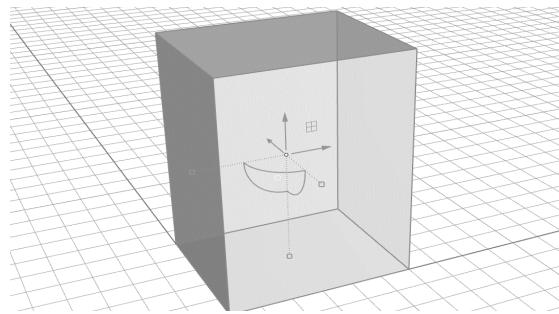


3. Viewport

- Ganti graphic style
- Ganti material pada panel
- Ganti viewport ke mode parallel view
- Zoom in, zoom out, ganti arah kamera

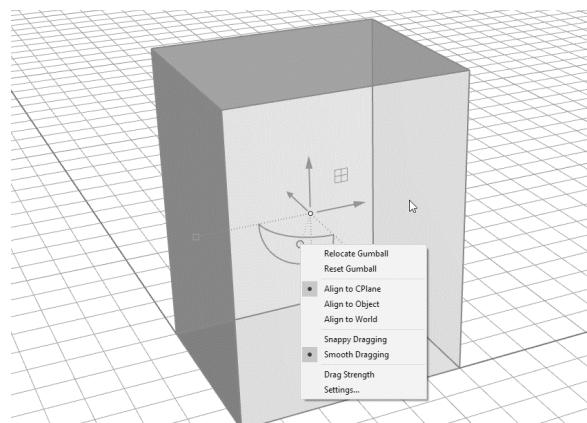
2.2.4. Modifikasi Obyek dengan Gumball

Gumball adalah salah satu fitur penting pada Rhinoceros yang membuat kita mudah modifikasi obyek. Fitur Gumball ini hanya muncul pada obyek yang diseleksi/dipilih. Fitur ini memiliki tiga perintah utama yakni: *move*, *rotate* dan *scale* pada masing-masing aksis: X,Y,Z, atau pada beberapa aksis.



Gambar 30. Gumball

- Pilih obyek.
- **MOVE** (tanda panah):
 - anda dapat memindahkan obyek pada salah satu aksis sesuai tanda panah.
 - Tekan ALT +geser untuk menduplikasi obyek
 - Klik kiri pada tanda panah untuk memasukkan jarak perpindahan.
- **ROTATE** (lengkung):
 - Anda dapat memutar/rotate obyek pada salah satu aksis sesuai warna lengkung.
 - Tekan ALT +geser untuk menduplikasi obyek dan merotasinya.
 - Klik kiri pada lengkung dan masukkan sudut putar.
- **SCALE** (kotak):
 - Anda dapat men-skalakan obyek berdasarkan aksis sesuai warna kotak.
 - Tekan Alt + geser untuk menduplikasi obyek dan menskalakan.
 - Klik kiri pada kota untuk memasukkan nilai skala
 - Tekan SHIFT + geser untuk menskalakan secara 3D

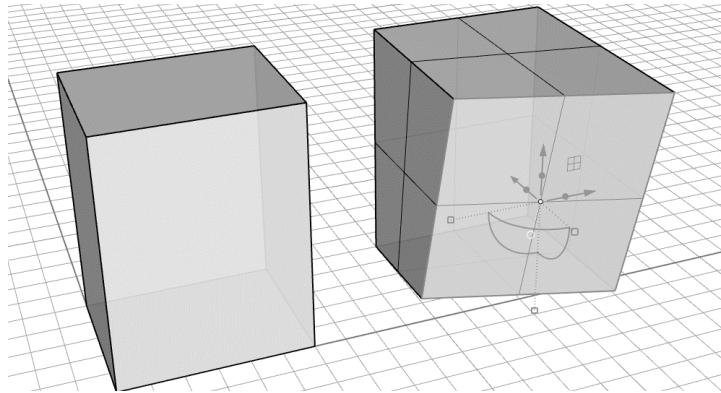


Gambar 31. Memindahkan poros gumball

- Anda juga dapat merelokasi titik pusat Gumball dengan cara klik bulatan putih untuk *Gumball setting*.

2.2.5. Memodifikasi Sub-object dengan Gumball

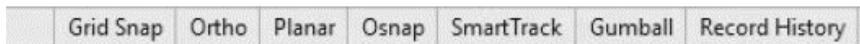
Salah satu fitur penting dan sangat membantu dalam proses pemodelan adalah Gumball juga dapat digunakan pada Sub-object. Cara menggunakan atau memilih Sub-object adalah: **CTRL + SHIFT + klik** pada Sub-object: bisa berupa face/ surface, atau edge, bahkan vertex (titik).



Gambar 32. Modifikasi sub-object dengan gumball

2.2.6. Modeling Aids

Adalah beberapa jenis status/mode yang terletak pada bagian bawah Viewport, yang anda dapat aktifkan (ON atau OFF) dengan cara klik pada status tersebut, menggunakan shortcut atau mengetikkan perintah bersangkutan pada command line.



- F6: Camera
- F7: Grid
- F8: Ortho
- F9: Grid Snap
- F10: PointsOn
- F11: PointsOff

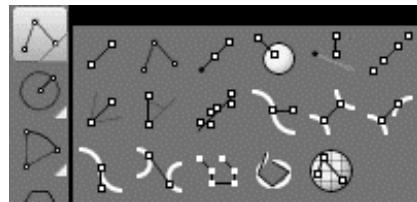
2.2.7. Selection

Teknik memilih atau menyeleksi obyek yang paling umum adalah:

- Klik pada obyek
- Membuat kotak seleksi dari kiri ke kanan untuk memilih hanya obyek yang berada di dalam kotak seleksi tersebut (*Window*).
- Membuat kotak seleksi dari kanan ke kiri untuk memilih baik obyek yang di dalam kotak seleksi maupun obyek yang terpotong oleh kotak seleksi tersebut (*Crossing*).

2.3. Curve & 2D Geometry

2.3.1. Line, Polyline



Gambar 33. Line & Polyline

Line Segment (tombol kanan mouse) dan **Polyline** (tombol kiri mouse).

- Memerlukan start point dan next point.
- Masukkan <[angka] untuk menentukan sudut next point terhadap segmen sebelumnya.
- Masukkan @ atau r + [angka] untuk menentukan jarak terhadap titik sebelumnya.
- Masukkan @ atau r x,y,z untuk menentukan jarak spesifik terhadap aksis tertentu.
- Untuk mengakhiri perintah, tekan [ENTER] atau tombol kanan mouse.

Join: menggabungkan beberapa Line Segment menjadi Polyline.

Explode: memecah Polyline menjadi Line Segment.

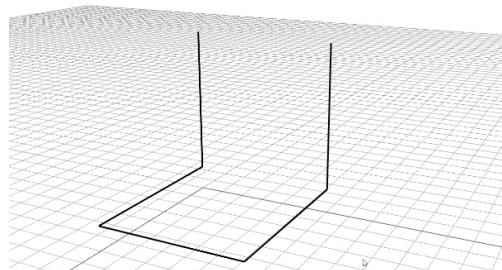
Ada dua jenis Polyline: **Closed Curve** dan **Open Curve**. Closed Curve memiliki karakteristik tidak ada segmen yang memotong satu sama lain (intersected atau overlap curve) dan setiap titik sudut merupakan endpoint. Sedangkan Open Curve memiliki minimal satu overlap curve.

Beberapa Perintah *Line* yang patut dicoba diantaranya:

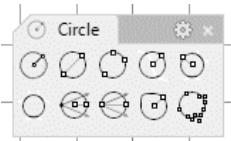
- **Opsi dalam perintah Line/Polyline** yakni Mode=Line/Arc dimana anda dapat mengubah dari membuat Line/Polyline ke membuat Arc dan kembali membuat Line/Polyline.
- **Line: from Midpoint:** membuat Line yang dimulai dari titik tengah dan memanjang ke kedua sisi.

Latihan Singkat:

- Buat obyek berikut dengan satu polyline dan satu kali penggambaran.



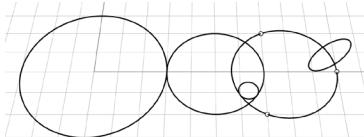
2.3.2. Circle



Gambar 34. Circle

Beberapa teknik membuat Circle adalah:

- **Center- Radius:** membuat Circle dari titik tengah dan radius
- **Diameter:** membuat Circle dari dua titik diameter
- **3-Points:** membuat Circle dari tiga titik.
- **Around Curve:** membuat Circle tegak lurus kurva
- **Tangent-Tangent-Radius:** membuat Circle bersinggungan dengan dua kurva.



Gambar 35. Beberapa teknik membuat Circle

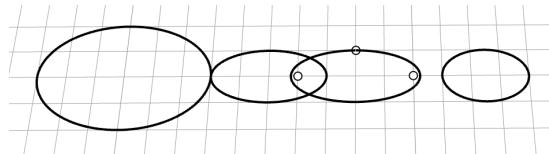
2.3.3. Ellipse



Gambar 36. Ellipse

Beberapa teknik membuat Ellipse:

- **From center:** membuat Ellipse dengan menentukan titik tengah, radius1, radius2.
- **Diameter:** membuat Ellipse dengan dua titik diameter.
- **From Foci:** membuat Ellipse dengan tiga titik.
- **Around Curve:** membuat Ellipse tegak lurus dengan kurva
- **From Corner :** membuat Ellipse dengan dua titik pojok.



Gambar 37. Beberapa teknik membuat Ellipse

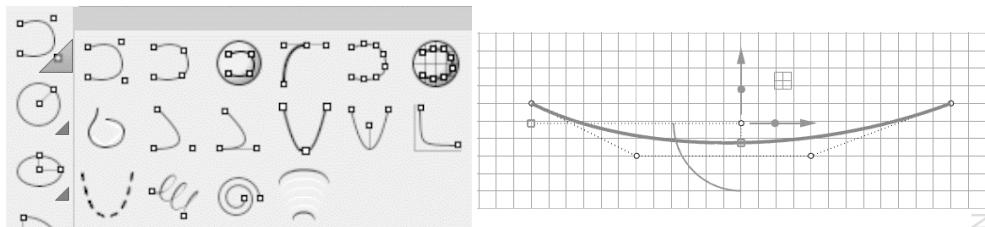
2.3.4. Free-form Curve

Ada empat jenis Free-form Curve yang hasil akhrinya bisa serupa tetapi prosesnya berbeda:

1. *Handle Curve*: membuat kurva berdasarkan Point-Point dimana setiap point memiliki Handler/ Control Point.
2. *Interpolate*: membuat kurva berdasarkan Point-Point tanpa handler dan kurva yang dibentuk merupakan interpolasi antar Point.
3. *Control Point*: membuat kurva berdasarkan beberapa Control Point yang terletak di luar kurva.
4. *Sketch*: membuat kurva dengan goresan *freehand*.

2.3.5. Control Point Curve

Adalah jenis dari polyline dengan karakteristik yang berbeda. Control Point Curve adalah fitur untuk membuat curve dengan menentukan beberapa titik control point.



Gambar 38. Beberapa Jenis Free-form Curves

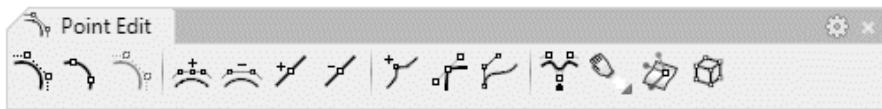
- Proses membuat sama dengan polyline.
- Anda dapat memilih masing-masing control point untuk mengedit curve
- Jenis control point curve yang lain adalah: *Curve by Interpolate Points*. Perbedaan dengan control point curve adalah, control pointnya berada pada curve, tidak di luar curve.
- Opsi Degree menentukan berapa banyak control point yang ada pada setiap curve yang dibuat. Semakin besar nilai degree, semakin besar jarak pengaruh modifikasi terhadap kurva tersebut.
- Untuk menampilkan control points, pilih obyek dan tekan [F10] atau ketik PointOn.
- Control point juga dapat diperlakukan sebagaimana layaknya obyek lain dalam hal move. Pilih control points → move → masukkan jarak yang diinginkan.

Tips Membuat Kurva:

1. Sebisa mungkin gunakan lebih sedikit Control Points. Simpler is better.
2. Apabila ingin menambahkan detil, gunakan beberapa Control Points pada jarak yang pendek.
3. Hindari kurva/Curve dan titik/Points yang tumpang tindih (overlap).
4. Lebih baik perbanyak waktu pada proses *editing points* dibanding *creating point*. Jadi, jangan khawatir dengan bentuk awal yang dibuat karena anda selalu dapat melakukan editing atau modifikasi.

Tips Pada Saat Editing (Point On):

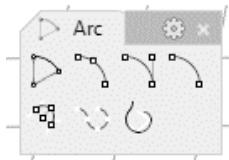
- **Point Edit** diakses melalui *setting* pada Curve Cascade Menu, lalu pada Show Toolbar, pilih **Point Edit**.



Gambar 39. Point Edit

1. Metode *Click-drag* atau *Nudge* untuk menggerakkan point.
2. Gunakan fitur *Point Edit* untuk melihat opsi-opsi lain dalam proses editing.
3. Gunakan *Insert a control point* jika ingin menambah Control Point.
4. Anda selalu dapat menghapus Control Point dengan tombol Delete.

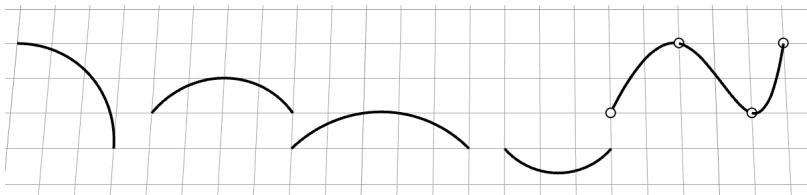
2.3.6. Arc



Gambar 40. Arc

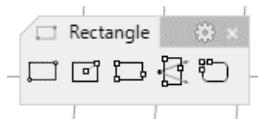
Beberapa teknik membuat Arc:

- **Center, Start, Angle:** membuat Arc dari titik pusat, titik awal, dan sudut.
- **Start, End, Point on Arc:** membuat Arc dari titik awal, titik akhir, dan titik ketiga yang menentukan kelengkungan.
- **Start, End, Direction at start:** membuat Arc dari titik awal, titik akhir, dan kelengkungan yang ditentukan dari vektor di titik awal.
- **Start, End, Radius:** membuat Arc dari titik awal, titik akhir dan radius.
- **Arcs through points:** membuat Arc yang melewati beberapa titik.



Gambar 41. Beberapa teknik membuat Arc

2.3.7. Rectangle

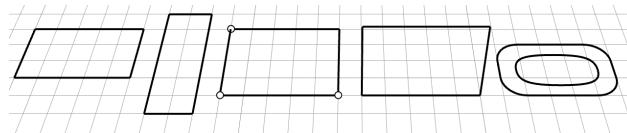


Gambar 42. Rectangle

Beberapa teknik membuat Rectangle:

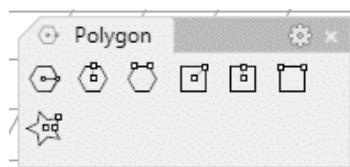
- **Corner to Corner:** membuat Rectangle dari dua titik pojok.
- **Center, Corner:** membuat Rectangle dari titik tengah dan titik pojok.

- **3-Points:** membuat Rectangle yang menyinggung tiga titik.
- **Vertical:** membuat Rectangle tegak lurus Cplane.
- **Rounded, Conic:** membuat Rectangle yang memiliki radius pada keempat titik pojoknya.



Gambar 43. Beberapa Teknik Membuat Rectangle

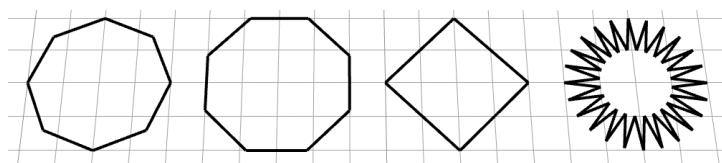
2.3.8. Polygon



Gambar 44. Polygon

Beberapa teknik membuat Polygon:

- **Opsi:** NumSides: jumlah sisi, Inscribed atau Circumscribed.
- **Center, Radius:** membuat Polygon (Inscribed) dengan titik pusat dan radius.
- **Circumscribed: Center, Radius:** membuat Polygon (Circumscribed) dari titik pusat dan radius
- **By Edge:** membuat Polygon dari kurva /Edge eksisting.
- **Square: Center, Corner:** membuat Square dari titik pusat dan titik pojok.
- **Star :** membuat bintang.



Gambar 45. Beberapa teknik membuat Polygon

2.3.9. Modifikasi Curve

Beberapa perintah mengedit dan memodifikasi *Curve* selain menggunakan Gumball adalah:

Offset	: duplikasi curve berdasarkan jarak dan arah offset
Trim	: memotong curve dengan curve
Extend	: memperpanjang curve dengan tujuan curve
Chamfer	: menggabungkan dua curve yang tidak sejajar dengan tambahan segmen
Fillet	: menggabungkan dua curve yang tidak sejajar tanpa tambahan segmen atau dengan radius

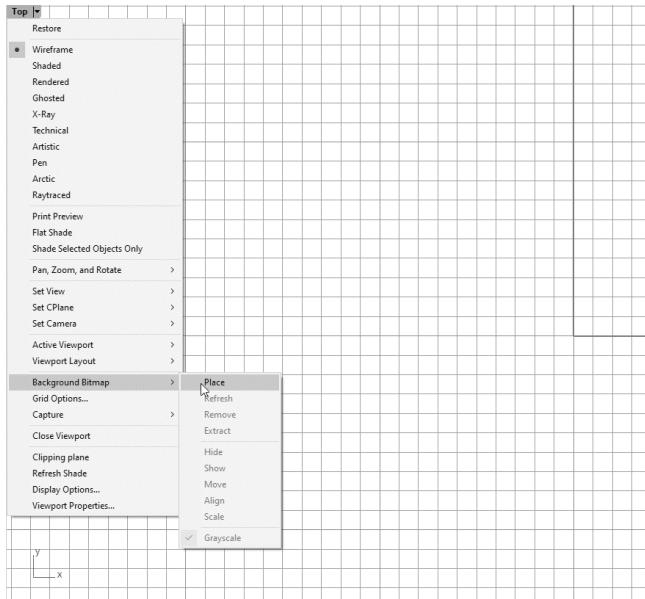
Mirror	: mencerminkan obyek dengan panduan garis aksis
Rotate	: memutar obyek dengan titik referensi dan arah putaran tertentu
Distance	: mengukur jarak antar dua titik
Align	: menyusun beberapa obyek berdasarkan beberapa aturan: rata kiri, rata tengah, rata kanan, atau yang lain.
Area	: mengukur luas dan keliling suatu kurva tertutup. (Perhatian, perintah ini tidak untuk bentuk-bentuk kurvalinier)
CurveBoolean	: otomatis akan membuat polyline tertutup pada suatu komposisi kurva.

2.3.10. Bekerja dengan Background Images

Ada dua metode dalam bekerja dengan Image: Background Image dan Picture Plane.

1. Background Image

Ketika bekerja dengan referensi gambar atau *image*, anda dapat memasukkan referensi gambar tersebut dengan jalan: Top View → Background Image → Place.



Gambar 46. Background Bitmap

Bitmap (.jpg,.png) dapat dimasukkan dan dijadikan *background image* melalui vieport Top seperti gambar di atas.

Harap diingat, ketika anda memasukkan *image*, ada beberapa langkah yang harus dilakukan agar skala gambar sesuai dengan yang ditentukan.

Prinsip men-skalakan obyek *image* (*Background Image*) adalah:

- Pastikan anda memiliki obyek pada *image* yang anda ketahui ukurannya, bisa juga menggunakan skala batang yang memiliki informasi ukuran jarak.

- Skalakan *Image* menggunakan referensi dua titik pada obyek tersebut:
 - Origin Point: titik referensi pertama
 - Scale Factor or First Reference Point: titik referensi kedua
 - Second Reference Point: masukkan jarak sesungguhnya titik referensi pertama dan titik referensi kedua.
 - Second Reference Point: Klik sembarang titik sebagai titik kedua.

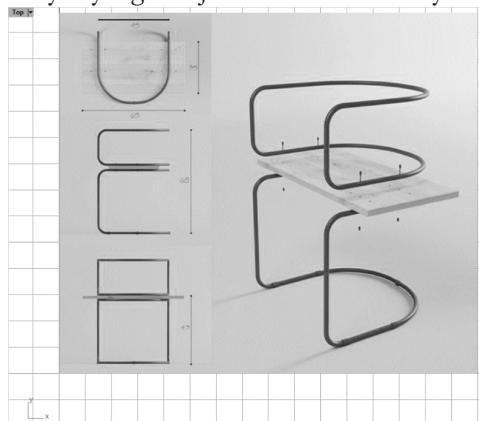
2. Picture Plane

Dari ikon Surface Creation > Picture Plane



Gambar 47. Picture Plane

- Anda berada di Top View
- Add Picture Plane: obyek yang menjadi referensi sebaiknya memiliki ukuran rujukan.



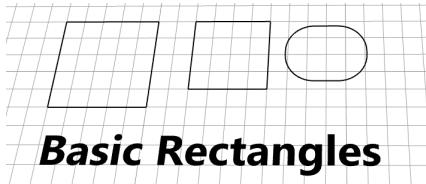
Gambar 48. Picture Plane

Prinsip dalam men-skalakan gambar/ image:

- Buat Line dengan panjang berasal dari salah satu elemen pada gambar/image. Bisa juga sesuai dengan skala batang yang ada, atau garis dimensi.
- Pilih gambar dan obyek Line.
- Scale→
 - First point: titik awal Line.
 - Second point: titik akhir Line
 - Ketik angka ukuran yang diinginkan/ukuran sebenarnya.

Latihan 2: Obyek-obyek 2D

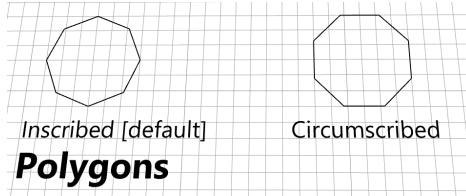
1. Basic Rectangles



Basic Rectangles

- Rectangle: Corner to Corner
- Rectangle: Center
- Rectangle: Center, Rounded

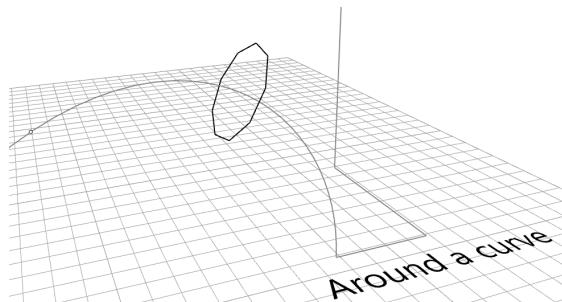
2. Polygons



Polygons

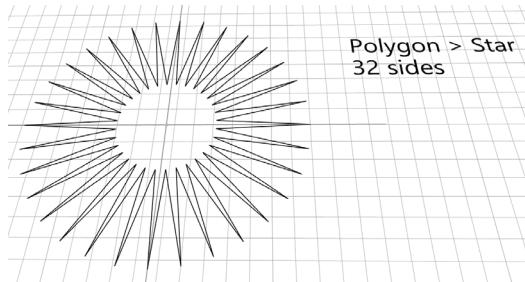
- 8-sided Polygons: Inscribed
- 8-sided Polygons: Circumscribed

3. Around Curve



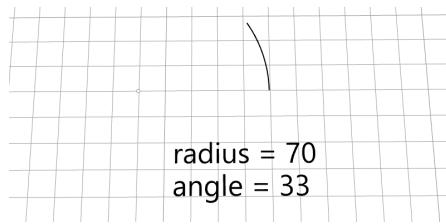
- 9-sided Polygons: Around Curve

4. Polygon-Star

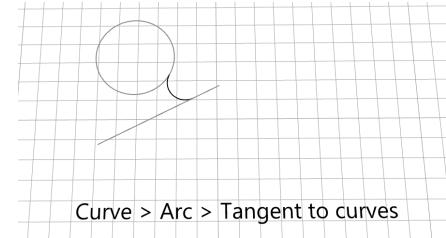


- 32-sided Star Polygon

5. Arc

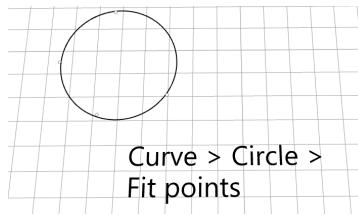


- Center-Start-Angle; masing-masing titik ini dapat ditentukan dengan angka atau Object Snap.

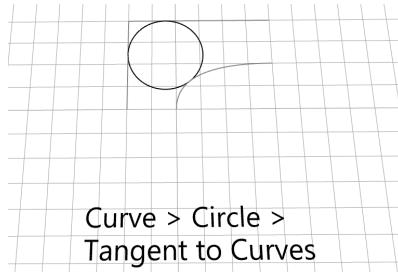


- Curve > Arc > Tangent to curves

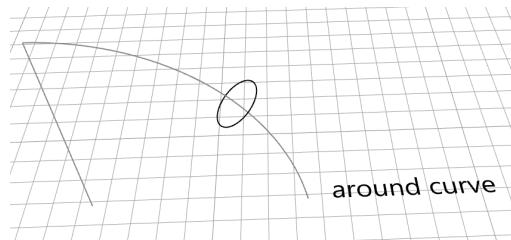
6. Circle



- Curve > Circle > Fit points

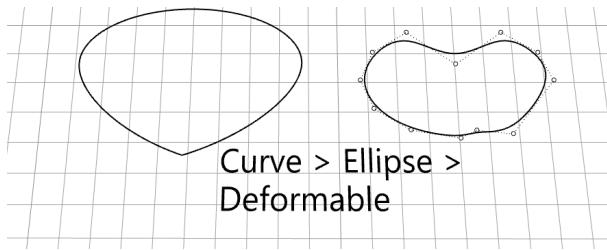


- Curve > Circle > Tangent to curves



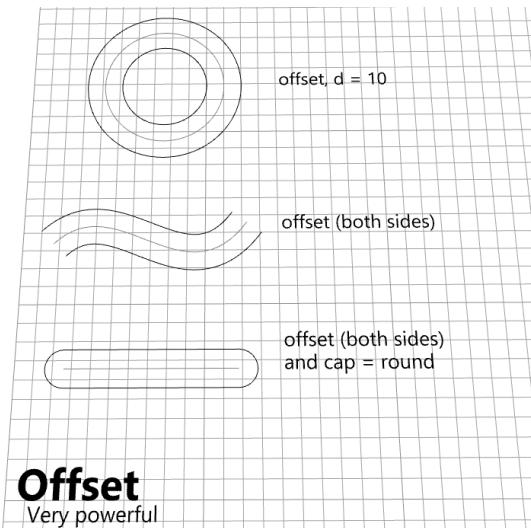
- Curve > Circle > Around curve

7. Ellipses



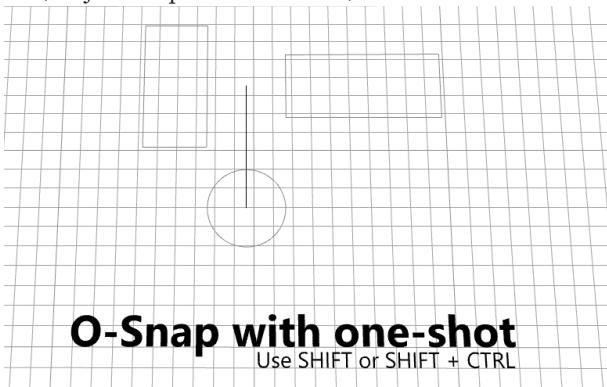
- Deformable

8. Offset



- Offset: distance, both sides, cap

9. Object Snap++ (Object snap with one-shot)



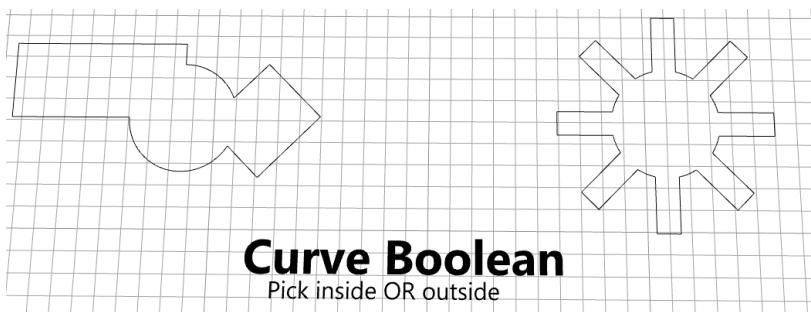
- Dalam kasus di atas, anda dapat menentukan titik tengah dari kedua kurva, tanpa harus membuat garis bantu. Caranya adalah menggunakan Object Snap dengan tambahan one-shot.

- Caranya:
 - Ketika memulai membuat Polyline, pastikan Object Snap mendeteksi kurva pertama (misalnya, Near, Midpoint, dll).
 - Tekan SHIFT+CTRL untuk mengaktifkan Object Snap- One Shot Between.



- Lepaskan SHIFT+ CTRL
- Tentukan titik pada kurva pertama
- Tentukan titik pada kurva kedua.
- One-shot Between akan otomatis menentukan Midpoint antara jarak titik pertama dan titik kedua tanpa anda harus membuat garis bantu.

10. Curve Boolean



- Curve Boolean, memungkinkan kita melakukan operasi Boolean pada kurva secara efisien, tanpa melakukan operasi Trim, Extend, dan lainnya.

2.4. Surface

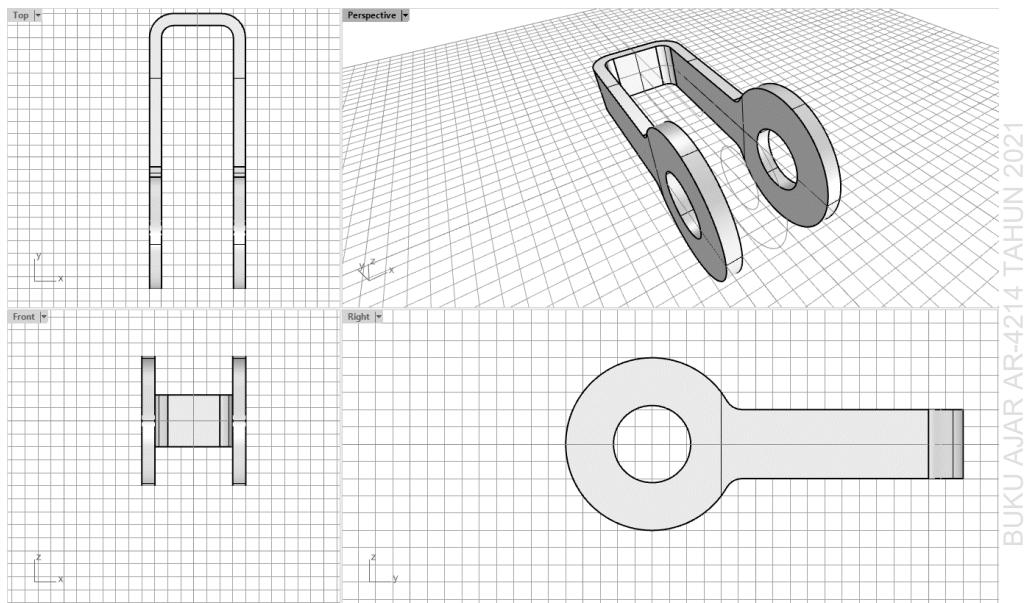
Secara konseptual, surface adalah bidang permukaan dua dimensi yang dibentuk oleh minimal tiga kurva tertutup. Setiap surface dibentuk oleh grid-grid yang merupakan parameter untuk mengatur tingkat kehalusan permukaan. Jumlah grid pada suatu surface dapat ditentukan sendiri menggunakan koordinat lokal u dan v (serupa dengan X dan Y pada koordinat Cartesian).

2.4.1. Construction Strategies

Kadangkala, kita tidak perlu membuat atau mengkonstruksi obyek 3D dari komponen-komponen dasar secara hirarkis: *kurva* → *surface* → *extrude*. Kita perlu melihat lebih holistik bagaimana obyek 3D itu dapat dikonstruksi dengan strategi menggabungkan fitur *create* dan *modify* object, lalu melakukan teknik *split/difference* untuk membuang obyek yang tidak perlu.

Tips dalam mengkonstruksi obyek 3D:

1. Mulai dari sketsa kurva pembentuk obyek, lebih baik jika ada beberapa sketsa yang membantu dalam konstruksi obyek.
2. Lihat apakah ada simetri, karena kita dapat menggunakan perintah *mirror* tanpa harus membuat keseluruhan obyek.
3. Konstruksi model lebih fleksibel tanpa terikat dengan ukuran yang ketat. Kita ingat ada perintah-perintah *Boolean* yang dapat digunakan untuk memotong, mengurangi bagian yang tidak perlu (analogi proses mengukir dengan cara menghilangkan bagian yang tidak perlu).
4. Kuasai metode trimming atau mengurangi (*subtraction*) untuk membagi dan mengurangi obyek.
5. Pendetilan dilakukan kemudian. Selalu mulai dari bentuk umum/ kasar/*raw*, lalu semakin berproses semakin detil.



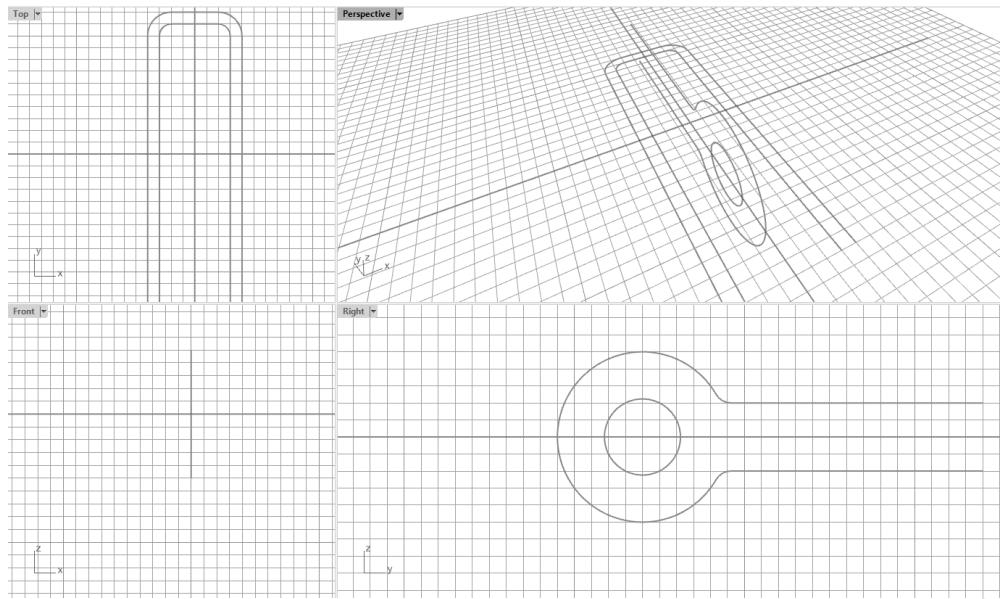
Gambar 49. Contoh Konstruksi Obyek 3D

Pada contoh di atas, jika kita perhatikan bagaimana mengkonstruksi obyek 3D-nya, kita dapat melihat dari pola yang ada:

- Obyek simetri dan ketebalan perpendikular terhadap sketsa kurva sebagai pembentuk obyek 3D.
- Sketsa terdiri dari dua obyek.

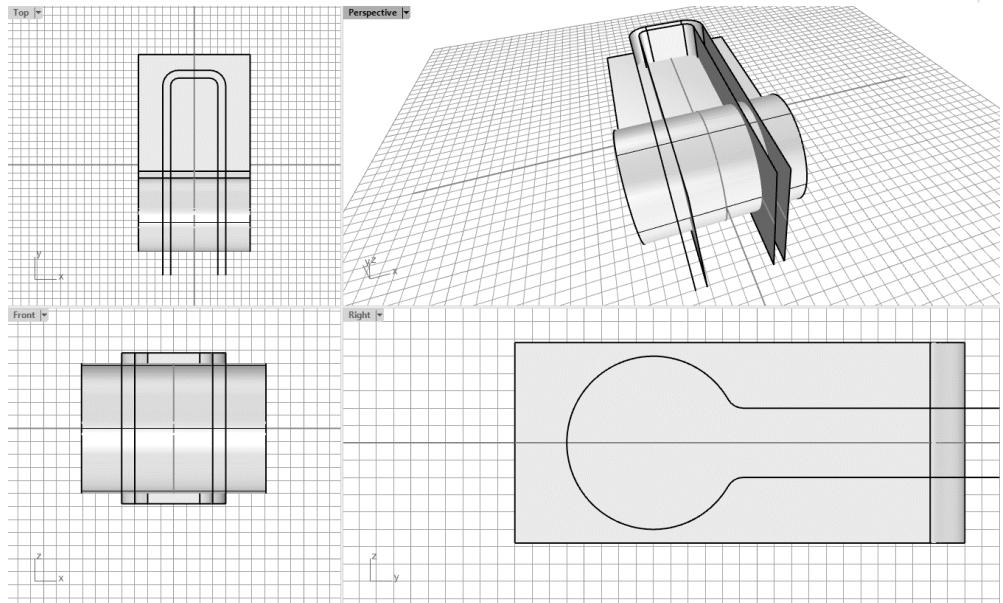
Langkah-langkah konstruksi:

- Perhatikan kurva-kurva pembentuk berikut:



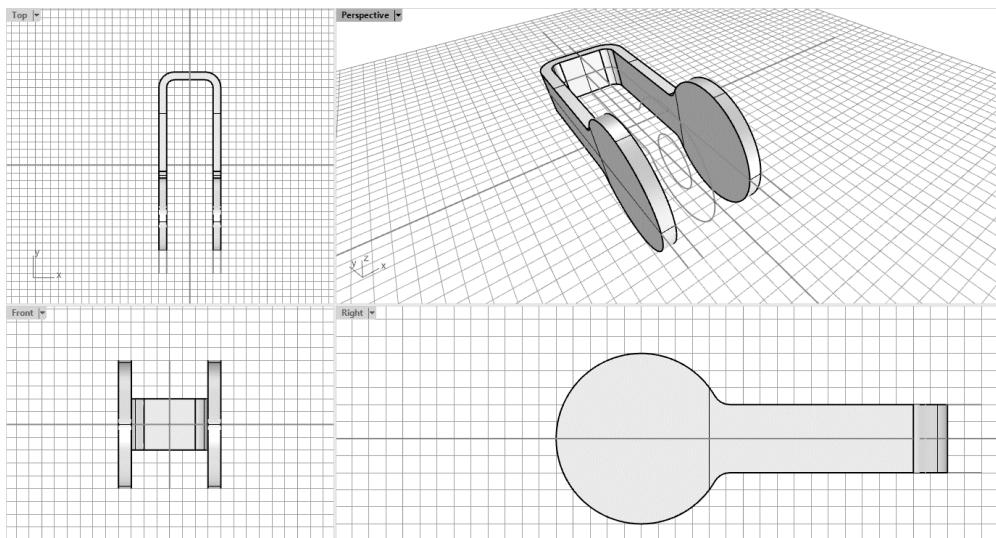
Gambar 50. Kurva-kurva Pembentuk

- **Extrude Curves:** perhatikan bahwa ketika extrude Curve tidak perlu menggunakan dimensi extrude yang akurat.



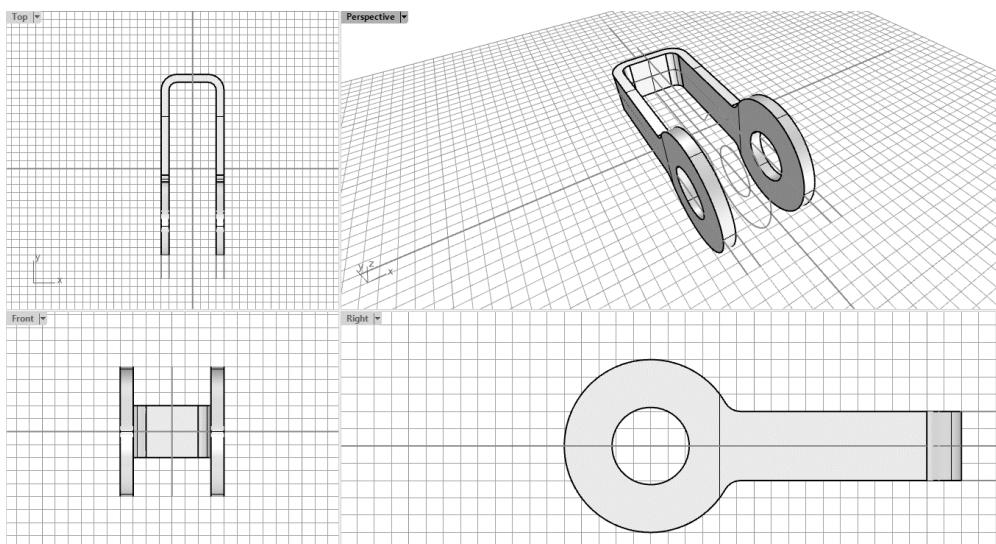
Gambar 51. Extrude Curves

- **Split** dan hapus obyek sisa. Join obyek untuk menjadikannya solid.



Gambar 52. Split & Join

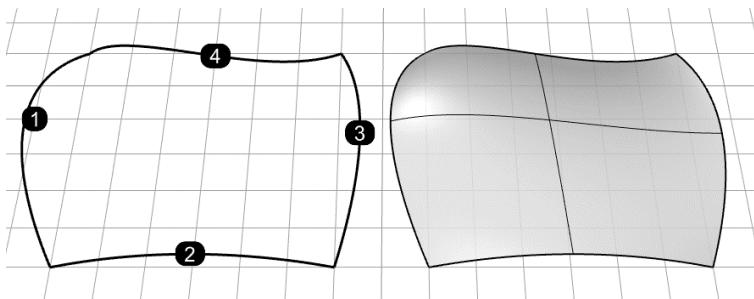
- Extrude-solid obyek lingkaran untuk melubangi, dan Boolean-Difference untuk membuat lubang.



Gambar 53. Boolean Difference

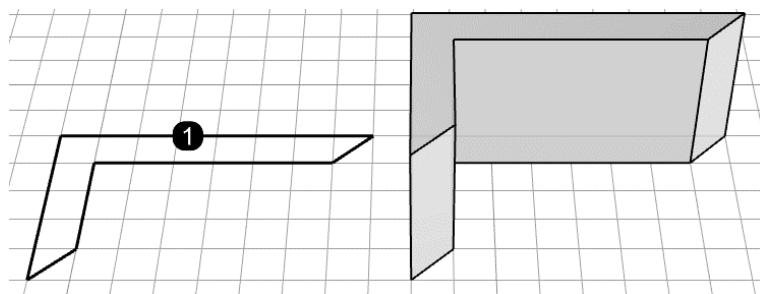
2.4.2. Membuat Surface dari Curve atau Gabungan Curve

- EdgeSrf: Edge Surface adalah perintah membuat surface dari beberapa edge yang membentuk kurva tertutup.



Gambar 54. Edge Surface

- **ExtrudeCrv:** Extrude Curve adalah perintah untuk membuat polysurface dengan profile curve dan jarak extrude.

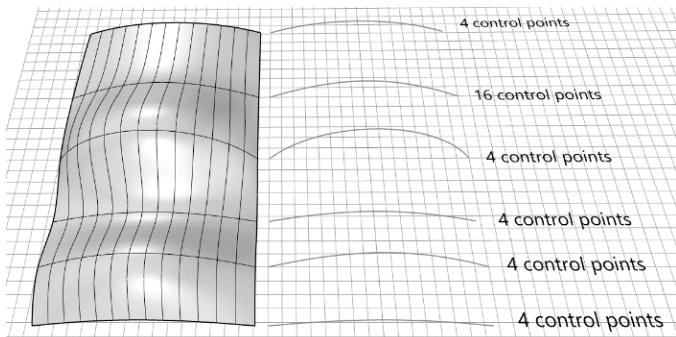


Gambar 55. Extrude Curve

- **Loft** adalah perintah untuk membuat surface dari beberapa profil curve.

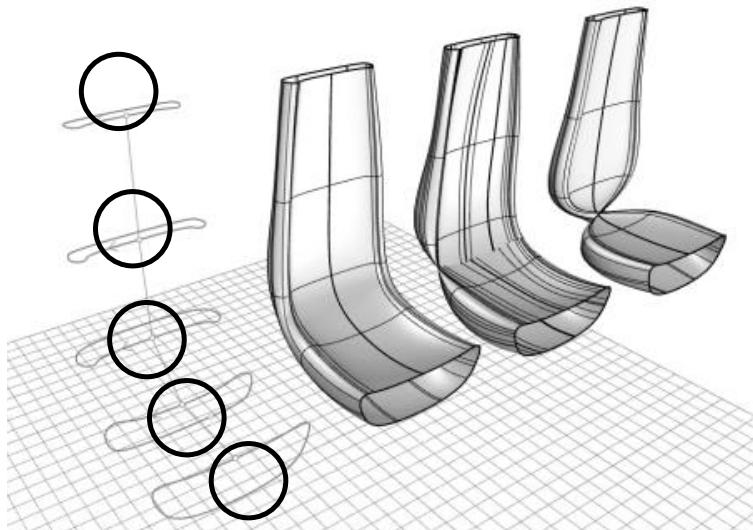
Syarat:

- kurva-kurva pembentuk permukaan dengan *loft* haruslah berupa *open curves* atau *closed curves*
- sebaiknya jumlah *control points* pada setiap kurva kurang lebih sama karena *loft* akan membuat segmen berdasarkan jumlah *control points* terbesar
- Perhatikan opsi pada *loft options*



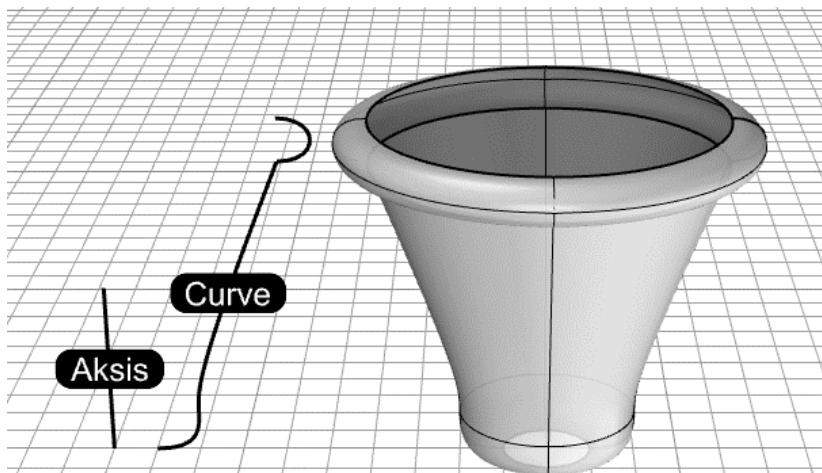
Obyek hasil loft dari beberapa kurva dimana ada satu kurva yang memiliki 16 *control points*.

Dalam beberapa kasus, obyek *loft* ditentukan tidak hanya oleh susunan kurva pembentuknya, tetapi juga keteraturan arah dan titik knot. Perubahan posisi titik knot dan arah vektornya akan mempengaruhi hasil *loft*.



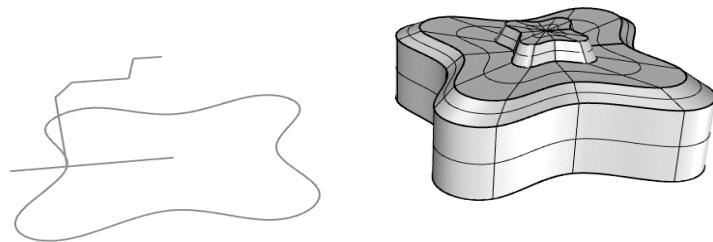
Gambar 56. Proses Loft

- **Revolve** adalah perintah untuk membuat permukaan dengan jalan memutar kurva profil pada sebuah garis aksis.



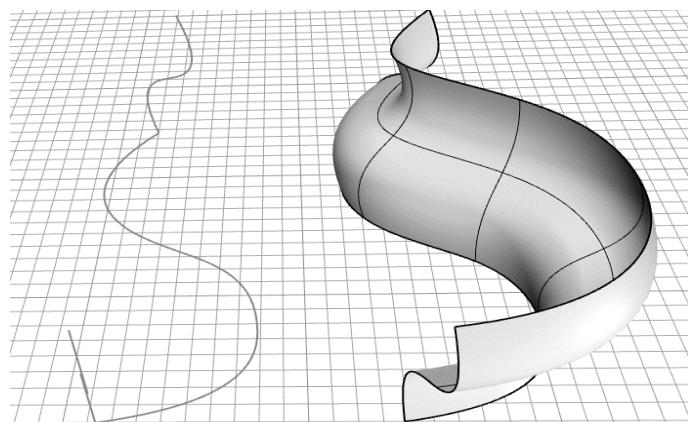
Gambar 57. Revolve

- **RailRevolve** adalah perintah membuat surface menggunakan kurva profile yang diputar pada sebuah garis aksis dan pada saat yang sama mengikuti sebuah curva tertutup sebagai lintasan/*rail*.



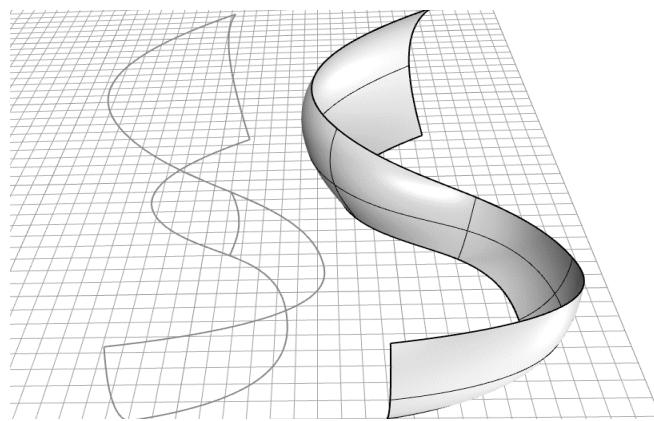
Gambar 58. Contoh RailRevolve

- **Sweep1:** Sweep Along One Rail adalah perintah membuat surface menggunakan curve profile yang bergerak pada satu lintasan/rail.



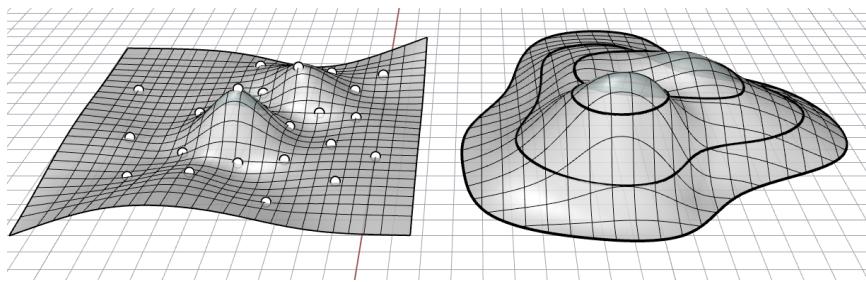
Gambar 59. Sweep1

- **Sweep2:** Sweep Along Two Rails adalah perintah untuk membuat surface yang mirip dengan Loft, tetapi menggunakan dua lintasan/rail.



Gambar 60. Sweep2

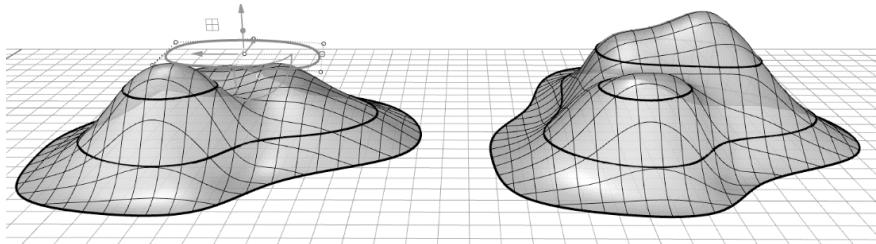
- **Patch:** membuat permukaan yang fit pada sekumpulan Curve (2D atau 3D) atau sekumpulan Points (2D atau 3D).



Gambar 61. Patch

2.4.3. Record History dan Associative Modeling

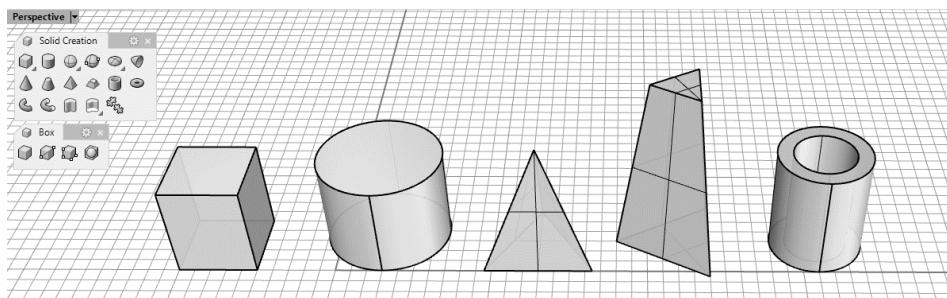
Rhinoceros memiliki fitur Record History yang berfungsi merekam satu perintah dari awal hingga selesai. Fungsi ini merupakan salah satu prinsip yang digunakan ketika Grasshopper sebagai Visual Algorithm Editor dikembangkan. Dengan adanya Record History, geometri yang dibuat masih memiliki hubungan asosiatif dengan proses/perintah. Sehingga, ketika geometri berubah, maka otomatis hasil akhir akan berubah karena proses terhadap geometri tersebut.



Gambar 62. Record History

- Dengan Record History, ketika obyek digerakkan/dimodifikasi, maka hasil akhir akan otomatis ter-update (gambar kanan).
- Tanpa Record History, hasil akhir tidak dapat berubah karena modifikasi pada obyek pembentuk hasil akhir.
- Record History hanya berlaku untuk satu perintah.

2.5. Solid Object

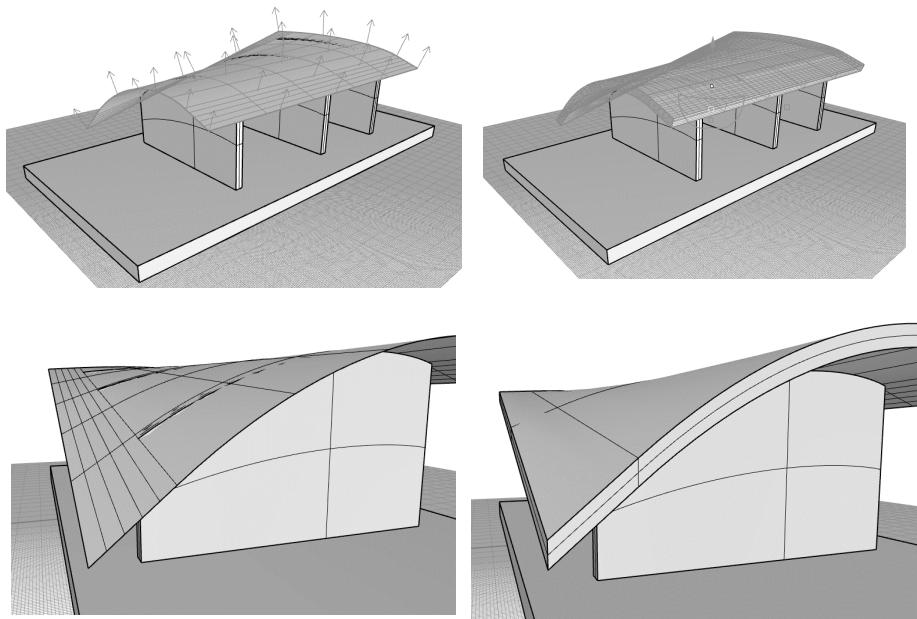


Gambar 63. Beberapa obyek solid

Rhinoceros memiliki beberapa *predefined solid object* yang dapat diakses pada ikon *Solid Creation* atau pada menu *Solid*. Beberapa obyek memiliki perintah turunan yang menunjukkan teknik-teknik lain dalam membuat obyek tersebut.

2.5.1. Offset Surface & Extrude Surface

- **OffsetSrf:** Offset surface atau permukaan dan memberi ketebalan dengan arah ketebalan sesuai vektor normal dari setiap titik pada permukaan (ketebalan tegak lurus permukaan).
- **ExtrudeSrf:** Extrude surface dan memberi ketebalan dengan arah vertikal (sesuai sumbu Z). (Option: Solid=Yes).

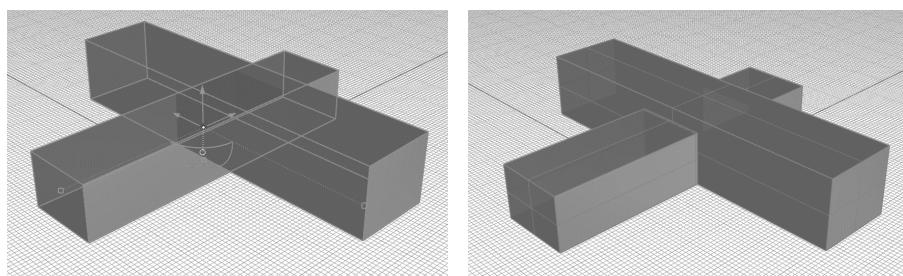


Gambar 64. Offset Surface & Extrude Surface

BUKU AJAR AR-4214 TAHUN 2021

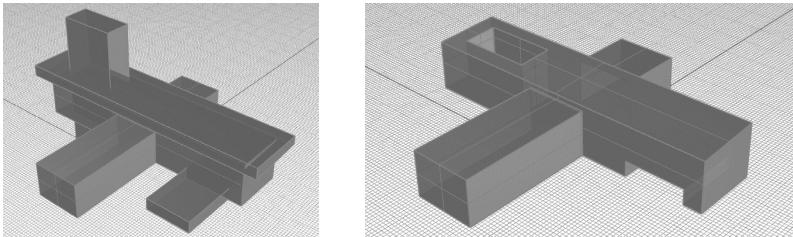
2.5.2. Operasi Boolean

- **Boolean Union:** menggabungkan dua atau lebih obyek solid.



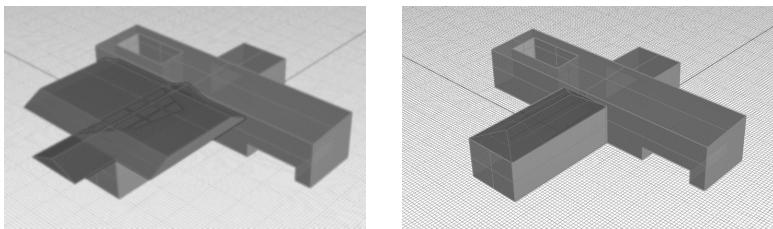
Gambar 65. Boolean Union

- **Boolean Difference:** mengurangi bagian suatu obyek solid dengan obyek solid lain.



Gambar 66. Boolean Difference

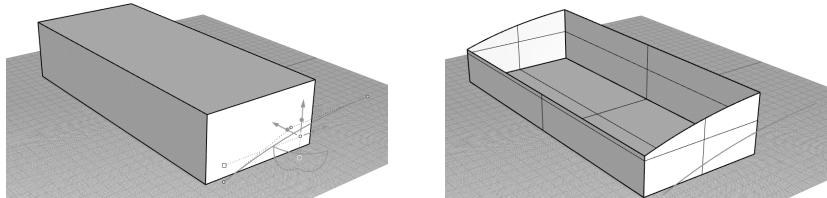
- **Boolean Intersection:** menampilkan bagian solid yang merupakan gabungan dari beberapa obyek solid.



Gambar 67. Boolean Intersection.

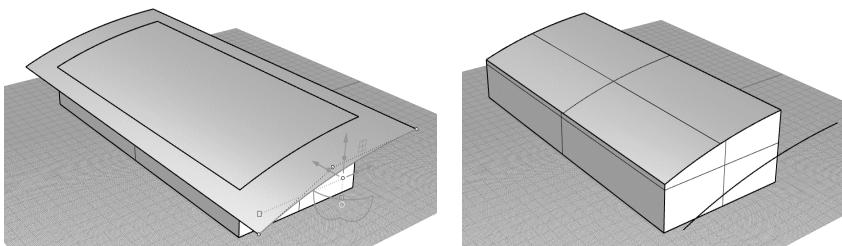
2.5.3. Solid Trim & Create Solid

- **Trim:** memotong obyek solid menggunakan kurva. Perintah Trim tidak hanya untuk memotong kurva dan Surface, juga untuk memotong obyek Solid.



Gambar 68. Trim Solid

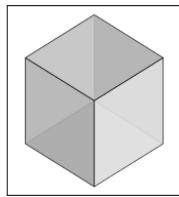
- **CreateSolid:** membuat obyek Solid dari kombinasi beberapa *PolySurface* dan secara otomatis melakukan *Trim* pada obyek.



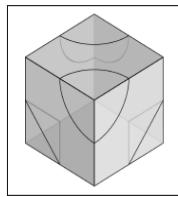
Gambar 69. Create Solid

Latihan 3: Eksplorasi Obyek 3D

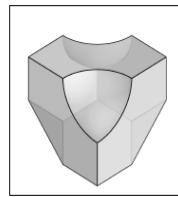
Secara eksplisit tuliskan langkah-langkah untuk menghasilkan obyek geometri 3D final dengan contoh sebagai berikut:



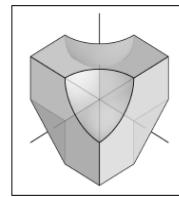
1. Massa dasar berupa kubus



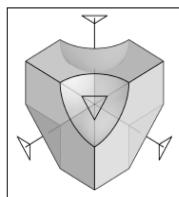
2. Kubus dipotong dengan massa segitiga dan 1/8 lingkaran



3. Hasil potongan dihilangkan



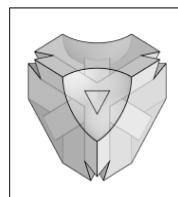
4. Penempatan garis diagonal ruang sebagai garis bantu



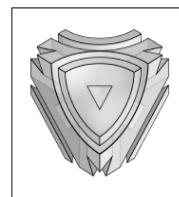
5. Pembuatan alas prisma segitiga di ujung garis bantu



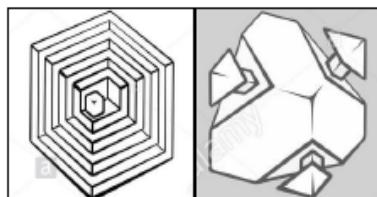
6. Adisi tabung menggunakan proses extrude



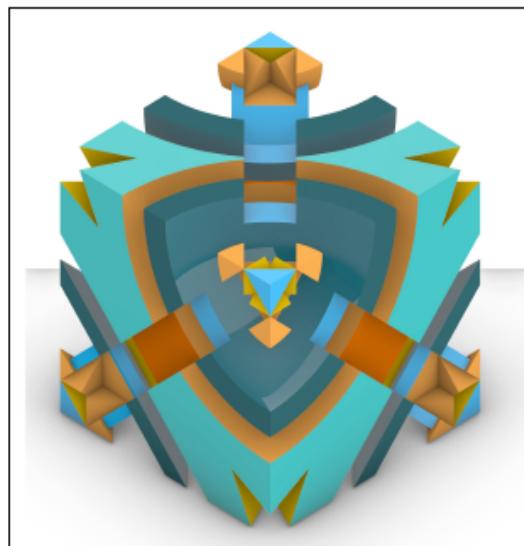
7. Substraksi massa tabung dan kubus sehingga menciptakan rongga



8. Proses substraksi sebuah 'lapisan' pada kubus



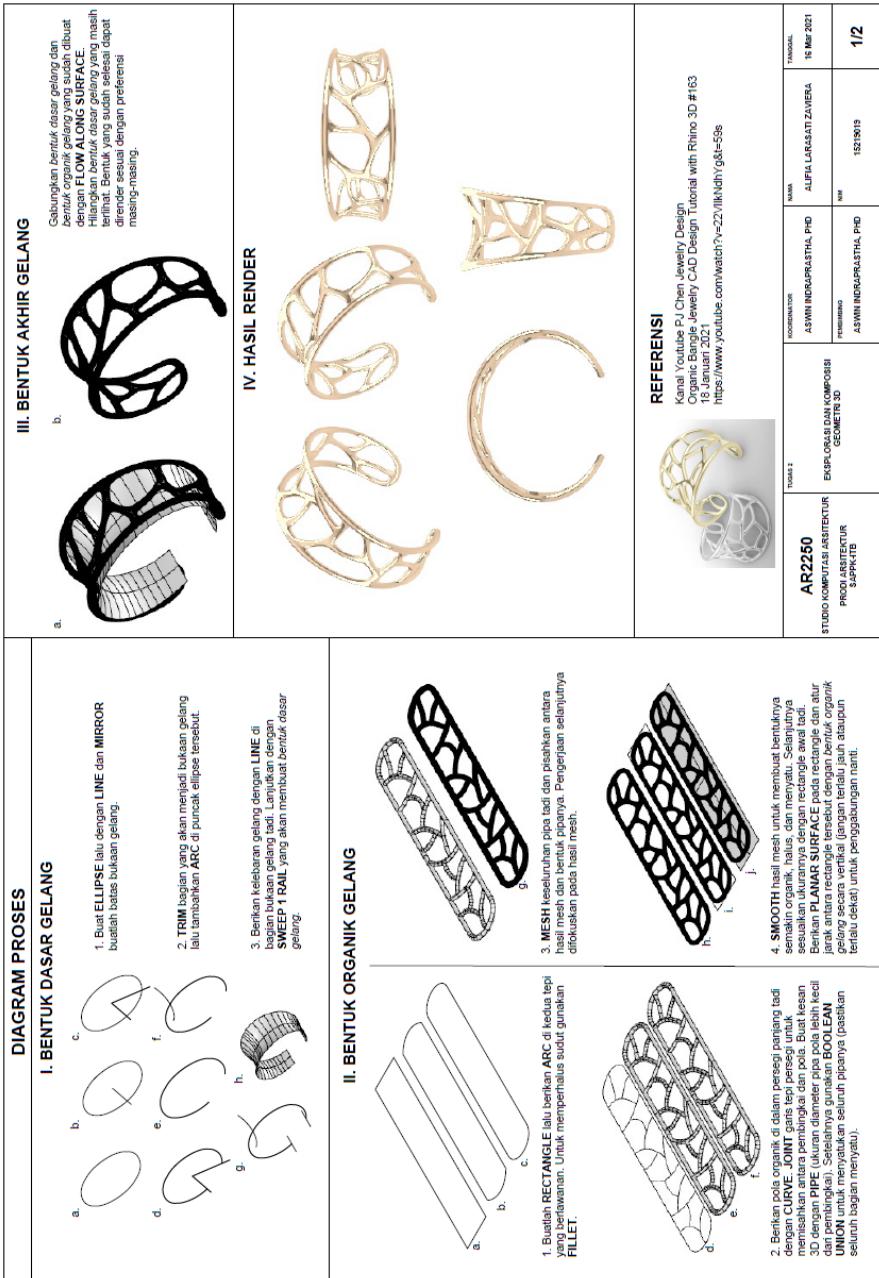
Referensi : Kostenko, levgenil.
Alamy Stock Vector. (2021). <https://www.alamy.com/set-of-3d-geometric-shapes-cube-designs-image365860524.html>



Hasil akhir dengan pemberian warna

Gambar 70. Karya Sabian Nathaniel A.

Atau contoh berikut:

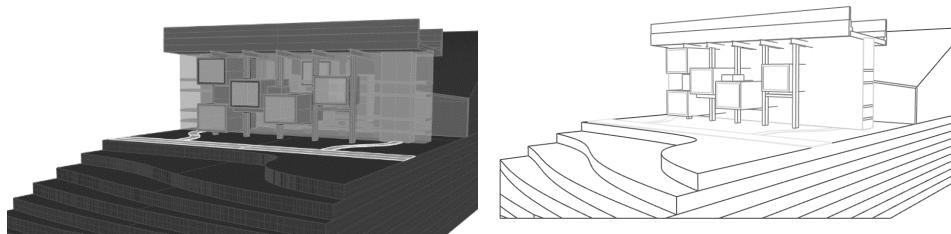


Gambar 71. Karya Alifia Larasati Z.
 BUKU AJAR AR-4214 TAHUN 2021

2.6. Ekstraksi 2D dari Obyek 3D

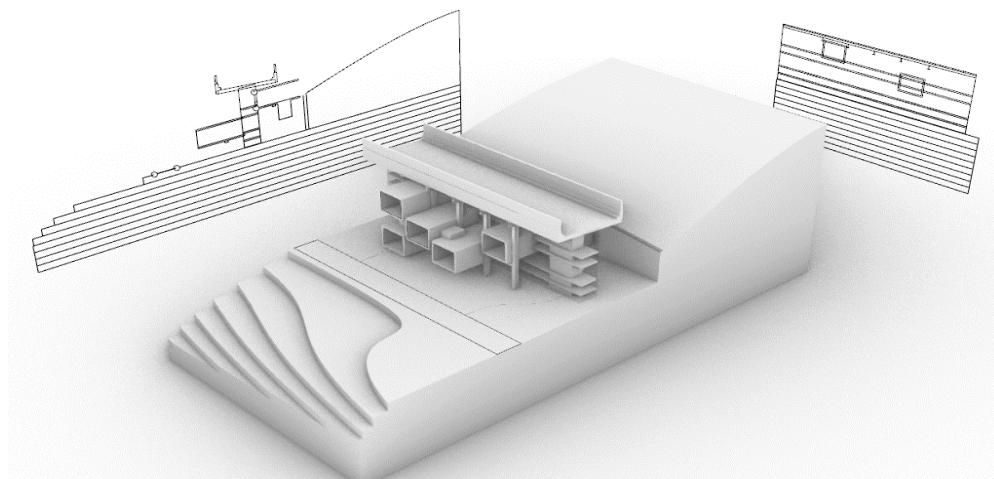
Rhinoceros memiliki beberapa fitur untuk memproyeksikan obyek-obyek 3D pada bidang 2D:

- **Make2D:** Membuat gambar proyeksi 2D dari obyek 3D dan secara otomatis hasilnya diletakkan di Top View.



Gambar 72. Make2D

- **Section:** Membuat potongan dari obyek 3D

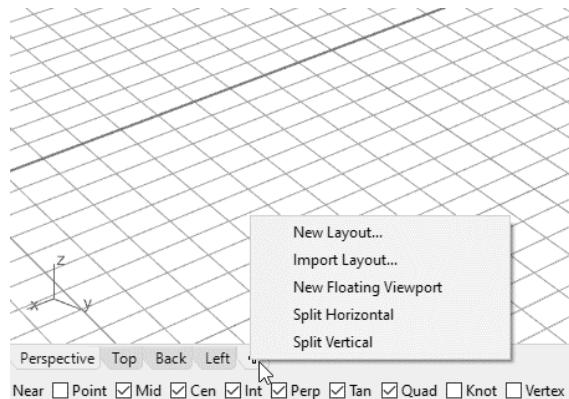


Gambar 73. Section

- **Print:** mencetak obyek, termasuk mencetak ke dalam bentuk.PDF. Yang perlu diperhatikan adalah: skala, ketebalan garis. Skala ditentukan pada menu Print, sedangkan ketebalan garis ditentukan pada *Layer→ Line & Print Thickness*.

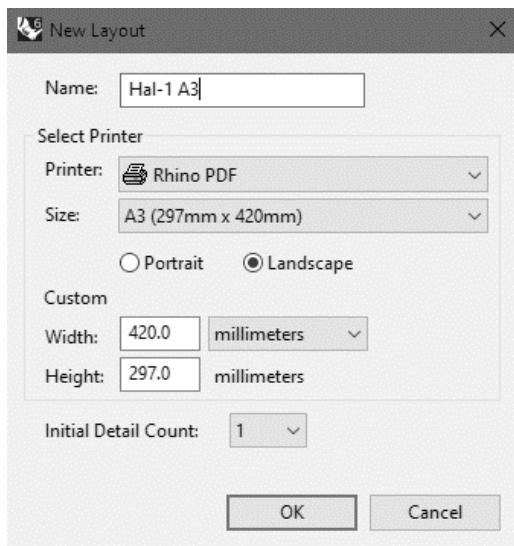
2.7. Layout dan Percetakan

Rhinoceros memiliki fitur Layout yang diakses melalui ikon (+) pada tab bagian bawah Viewport.



Gambar 74. New Layout

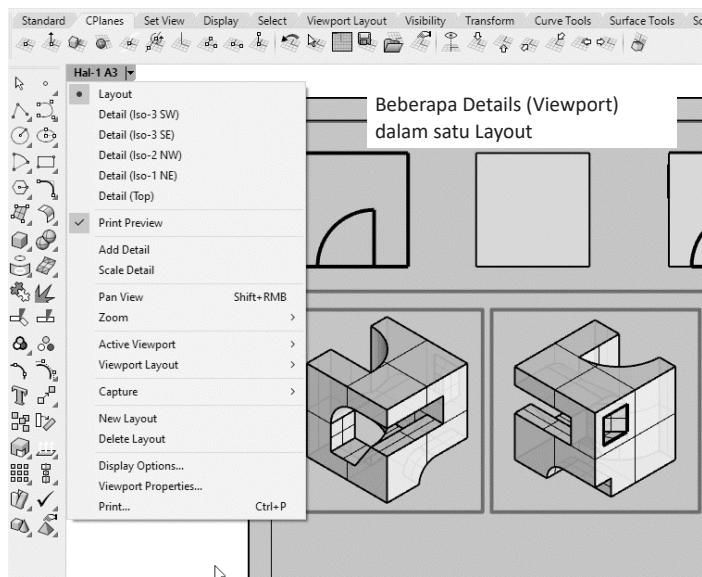
Tentukan nama Layout, jenis printer dan ukuran kertas. Di sini anda dapat mencetak dalam bentuk PDF.



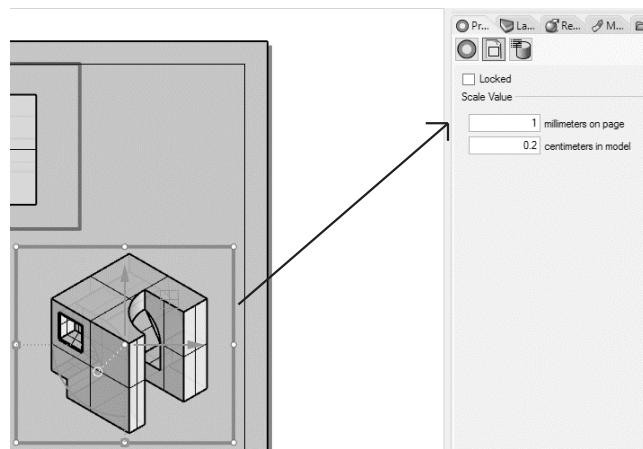
Gambar 75. Setting Jenis Prin-out dan Ukuran Kertas

Pada dasarnya Layout di Rhinoceros memiliki kesamaan prinsip dan cara kerja dengan fitur serupa di AutoCAD maupun SketchUp:

1. Layout dianalogikan sebagai lembar kertas dengan ukuran yang ditentukan, lalu obyek pada model dimasukkan ke dalam layout menggunakan view baru yang dinamakan Detail. Setiap Detail merupakan satu viewpoint (bisa berupa Top, Front, Isometry, atau Perspective). Dalam satu layout dapat terdiri dari beberapa Detail.
2. Pada mode Layout (tidak pada mode viewport di setiap Details), anda dapat membuat model, memasukkan teks dan juga membuat kop/ *titleblock*. Ingat, pada mode ini, anda membuat obyek pada kertas.



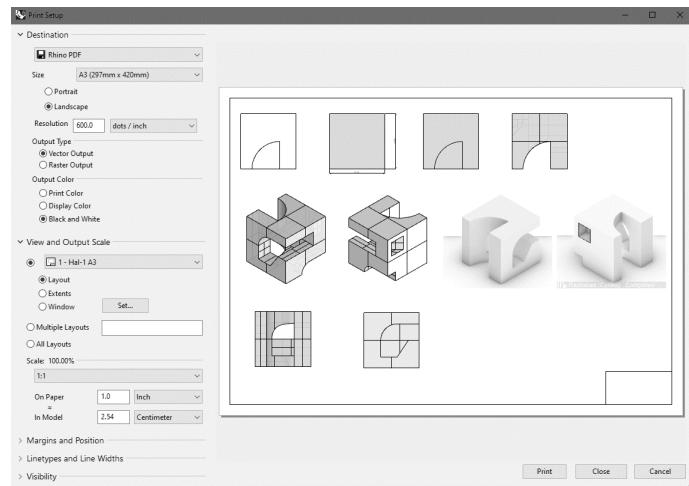
3. Secara default garis batas setiap Detail tidak akan dicetak kecuali anda membuat obyek batas tersebut.
4. Pada setiap Details, anda dapat set Visual Style: Wireframe, Shaded, Ghosted, dan lainnya.
5. Ketika anda bekerja pada salah satu Detail (Viewport), maka perintah-perintah Pan, Zoom, Camera hanya berlaku pada Viewport tersebut.
6. Anda dapat menentukan skala obyek pada setiap Detail pada fitur Property.



Pada contoh di atas, skala Detail adalah: 1:2

7. Pada Print Preview, beberapa hal yang harus diperhatikan adalah:
 - Format file dan ukuran kertas
 - Resolusi (dpi)
 - Jenis keluaran: vector atau raster
 - Warna keluaran: warna, atau hitam putih

- Skala: jika anda sudah men-skalakan Display (viewport), maka di sini nilai skala=1:1



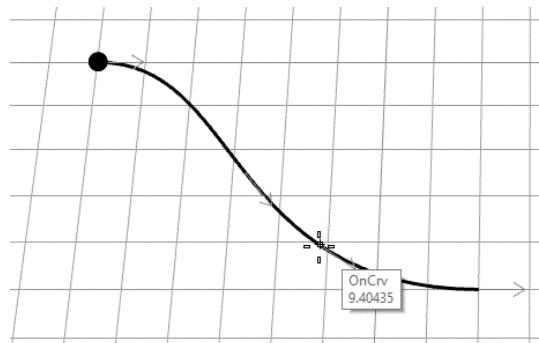
2.8. Analisis Curve dan Surface

2.8.1. Pengukuran

- **Distance:** mengukur jarak antara dua titik.
- **Angle:** mengukur sudut antara dua segmen.
- **Radius:** mengukur radius suatu kurva
- **Length:** mengukur panjang suatu kurva

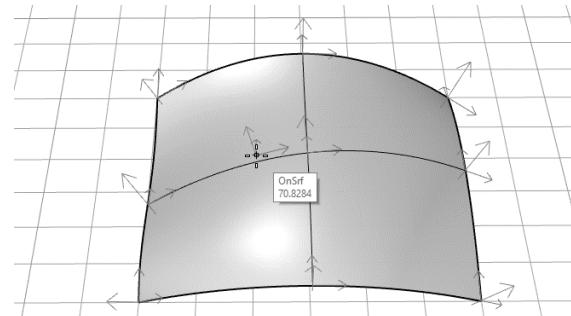
2.8.2. Arah Curve dan Surface

Setiap curve dan surface memiliki besar dan arah (*direction*). Beberapa definisi di Grasshopper akan memerlukan anda untuk mengetahui terlebih dulu arah dari suatu kurva. Arah ini ditunjukkan oleh tanda panah pada setiap control point. Tanda panah bergerak dari titik awal curve (*start point*) ke titik akhir curve (*end point*). Perintah **dir** akan menampilkan tanda panah arah vektor ini.



Gambar 76. Curve Direction pada Kurva

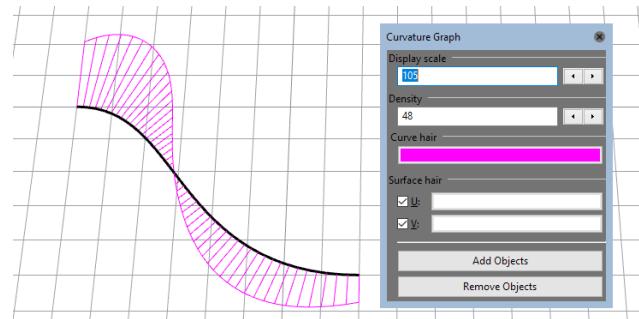
Pada suatu surface, setiap control pointnya akan memiliki arah pada u, v dan normal, atau tegak lurus dari permukaan pada titik tersebut.



Gambar 77. Curve Direction pada Permukaan

2.8.3. Curvature

Tingkat kelengkungan atau curvature pada suatu curve dapat ditunjukkan dengan perintah **CurvatureGraph**, dimana garis-garis yang ditampilkan menunjukkan arah perpendikular dengan setiap titik pada curva dan tingkat kelengkungan pada titik tersebut ditunjukkan dengan panjang garis tersebut. *Curvature Graph* membantu kita dalam memvisualisasikan tingkat kelengkungan kurva.



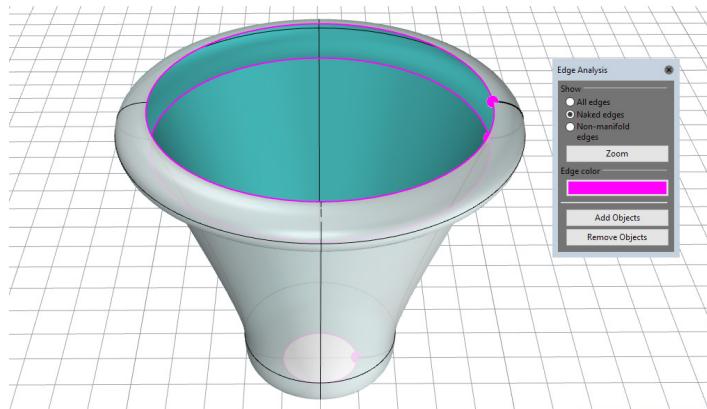
Gambar 78. Curvature Graph

2.8.4. Edge Evaluation

Dalam geometri, *naked edge* merujuk pada edges yang terletak pada bagian luar atau bagian batas dari sebuah surface. *Interior edge* merujuk pada edge yang terletak pada bagian dalam suatu surface.

Rhinoceros menyediakan beberapa fitur untuk mengecek beberapa properti terkait edge:

- **Showedges:** menampilkan unjoined edge
- **Splitedge:** memecah edge pada suatu titik
- **MergeEdge:** menggabungkan edge pada suatu titik
- **JoinEdge:** memaksa unjoined edges untuk bergabung pada surface terdekat
- **RebuildEdges:** mendistribusikan control point pada suatu edge.

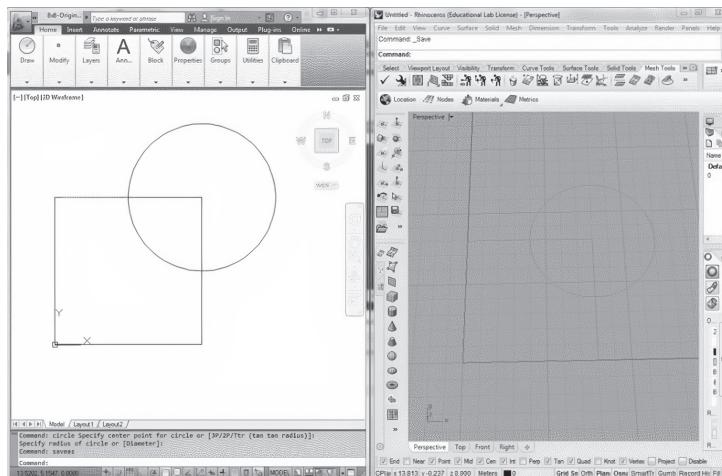


Gambar 79. Edge Evaluation

2.9. Interoperability

2.9.1. AutoCAD

- Rhinoceros dapat membaca file.DWG dengan baik.
- Unit obyek yang diimport sama dengan unit obyek di AutoCAD, begitu pula dengan posisi obyek pada koordinat
- Karakter obyek-obyek 2D AutoCAD sama ketika diimport.

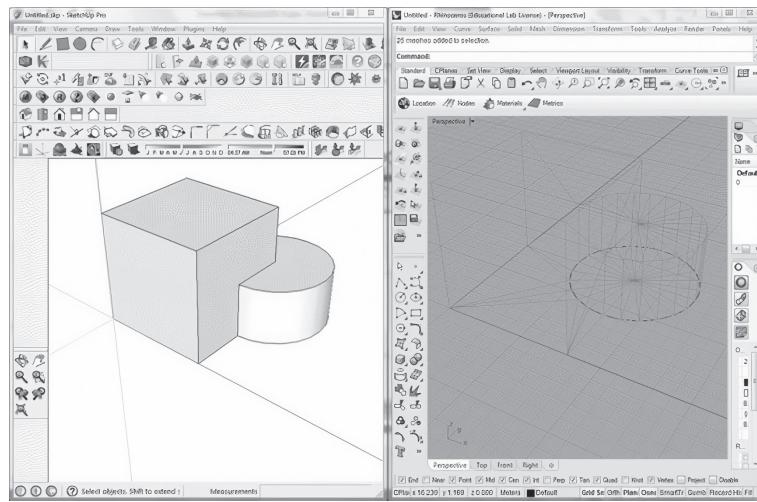


Gambar 80. AutoCAD dan Rhinoceros

2.9.2. SketchUp

- Rhino dapat membaca file SKP dengan baik (tidak untuk versi terakhir SketchUp).
- Semua obyek 3D diubah menjadi mesh sehingga tidak dapat diedit atau dimodifikasi di Rhinoceros.
- Unit dan posisi obyek sama seperti di SketchUp.

- Kita dapat membuat ulang obyek yang diimport dari SketchUp.



Gambar 81. SketchUp dan Rhinoceros