

## **BAB III.**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

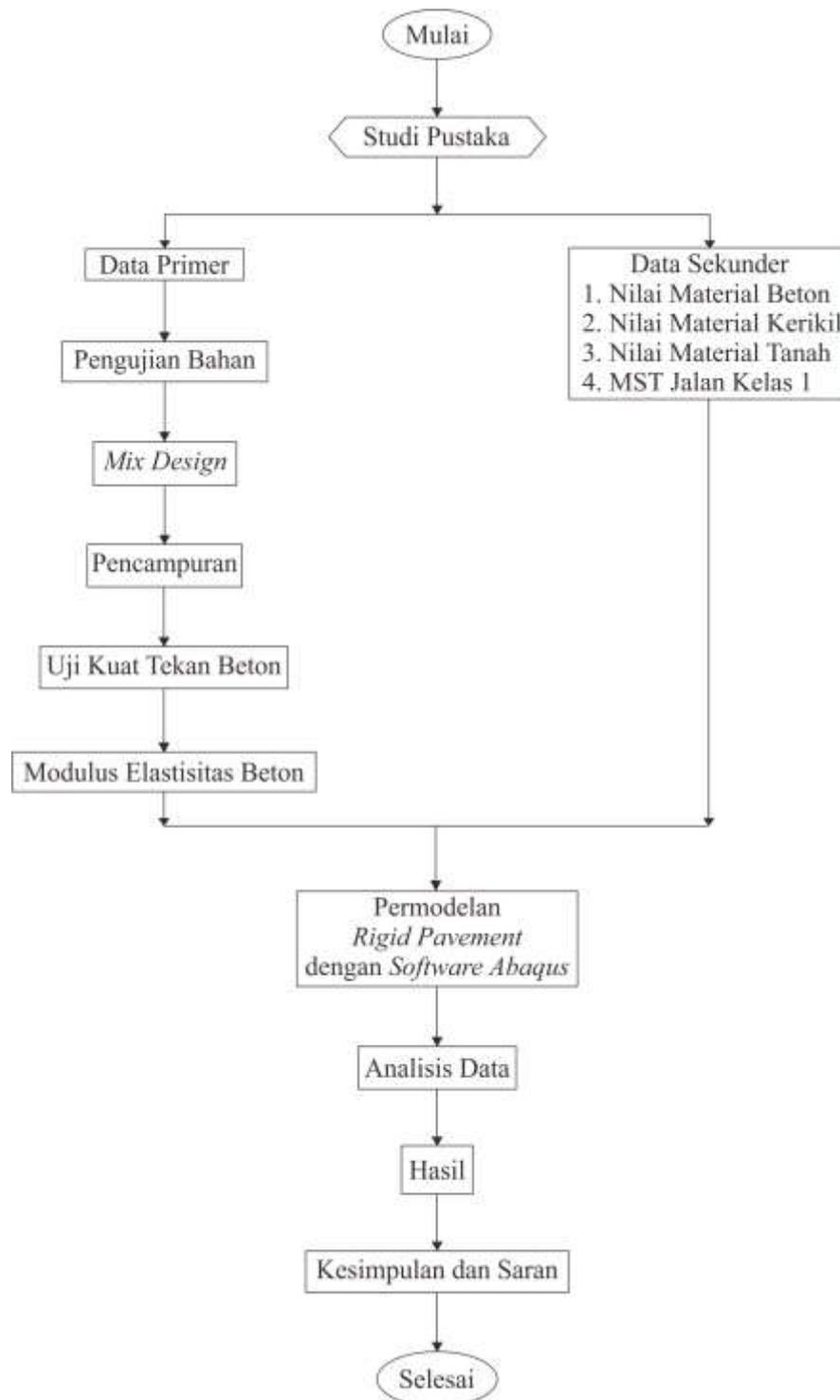
#### **3.2. Tahapan Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian analisis numerik dengan metode elemen hingga (*finite element*) untuk mengetahui besarnya nilai penurunan yang terjadi pada perkerasan kaku yang dimodelkan. Pembuatan serta pengujian beton yang akan dimodelkan di *software* dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan permodelan dengan menggunakan *software abaqus* dilakukan di Laboratorium Komputasi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Pembuatan dan pengujian beton yang dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan menggunakan ukuran benda uji standar yaitu cetakan silinder 15 cm × 30 cm dengan kuat tekan rencana (>K-450) dengan bahan tambah (*admixture*) yaitu 0,6% *Plastocrete RT06* dan 3% *Sikament-NN*. Permodelan yang dilakukan di *software* yaitu menggunakan bentuk kubus dengan dimensi sebesar 1 m × 1 m × 1 m. Pembebanan yang digunakan pada permodelan adalah beban dari muatan sumbu terberat pada jalan kelas 1 sebesar 10 Ton.

#### **3.3. Alur Penelitian**

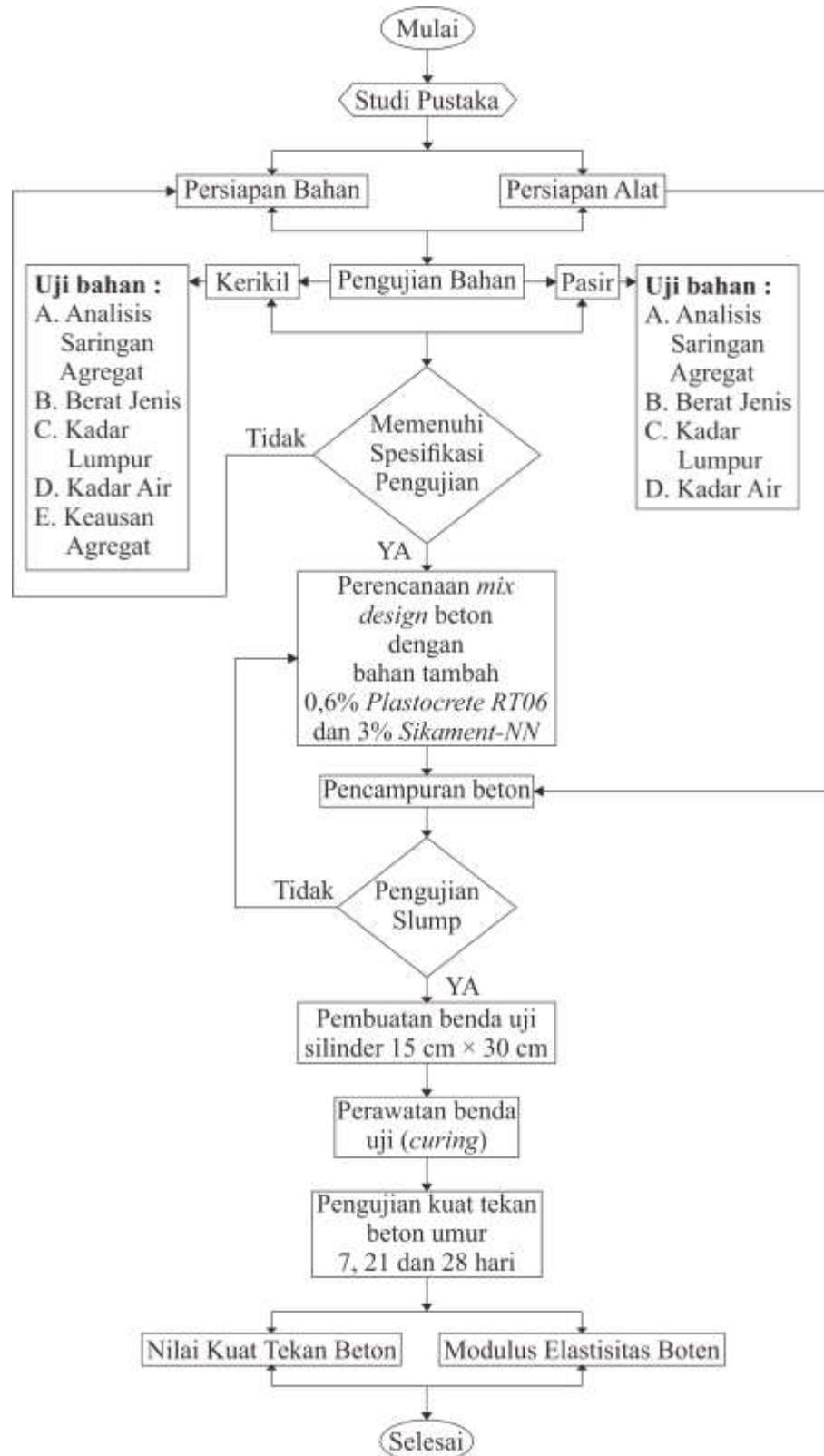
Pada penelitian ini akan dilakukan beberapa tahapan dalam penelitian seperti halnya yang telah dijelaskan diatas. Alur penelitian dibuat agar dapat menyelesaikan masalah yang ada secara terstruktur. Dalam penelitian ini akan dibuat dalam beberapa alur penelitian baik secara umum dan khusus. Adapun alur penelitian secara umum akan dijelaskan dalam Gambar 3.1.



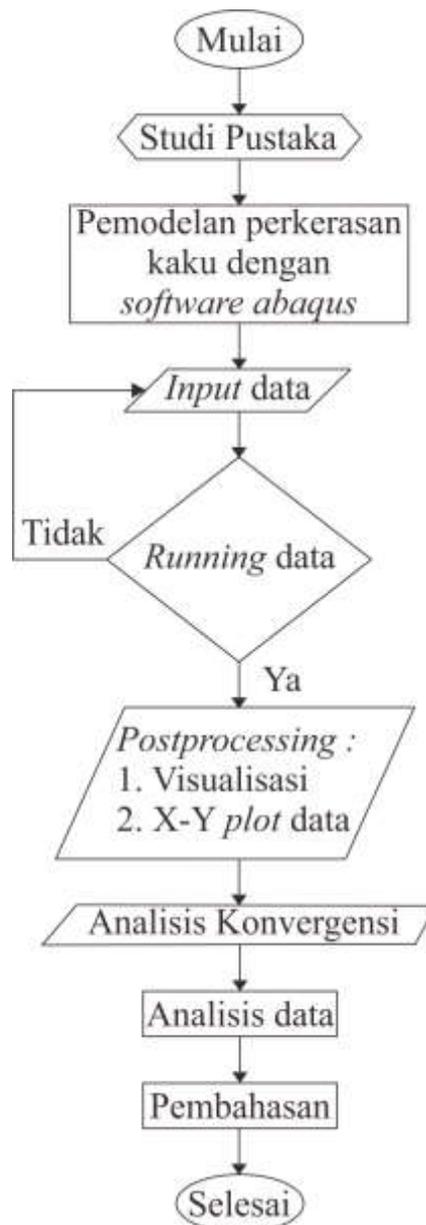
Gambar 3. 1 Bagan alir penelitian secara umum.

Tahapan penelitian yang dilakukan secara khusus seperti halnya dalam pembuatan benda uji beton dan permodelan dalam *software abaqus*. Alur penelitian untuk pembuatan beton akan dijelaskan pada Gambar 3.2 dan alur

penelitian untuk permodelan dalam *software Abaqus* akan dijelaskan pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 2 Bagan alir penelitian dalam pembuatan benda uji beton.



Gambar 3. 3 Bagan alir penelitian dalam permodelan perkerasan kaku dalam *software Abaqus*.

### 3.4. Bahan Penelitian

#### a. Semen

Semen yang digunakan adalah semen yang berjenis PCC (*portland composite cement*). Semen PCC dapat digunakan untuk konstruksi umum, seperti pekerjaan pasangan batu bata, seloka, jalan, pagar dinding serta pembuatan elemen bangunan seperti: beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton, dan sebagainya (BSN, 2004). Semen yang digunakan adalah semen yang terdapat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Semen Tiga Roda.

b. Agregat halus (pasir)

Agregat halus atau pasir yang digunakan adalah pasir Progo yang berasal dari Sungai Progo. Pasir ini digunakan sebagai campuran beton, adapun pasir yang digunakan adalah pasir yang terdapat dalam Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Pasir Progo.

c. Agregat kasar (kerikil)

Agregat kasar atau kerikil yang digunakan adalah kerikil Clereng yang berasal dari Kulon Progo. Kerikil ini digunakan sebagai campuran beton, adapun kerikil yang digunakan adalah kerikil yang terdapat dalam Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Kerikil Clereng.

d. Air

Air yang digunakan adalah air dari Laboratorium Teknologi Bahan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Adapun air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air yang teradapat pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Air dari Laboratorium.

e. *Plastocrete RT06*

*Plastocrete RT06* merupakan bahan tambah (*admixture*) yang sesuai dengan ASTM C494 dan diproduksi oleh PT. Sika Indonesia. Adapun bahan tambah (*admixture*) *Plastocrete RT06* yang digunakan seperti pada Gambar 3.8.



Gambar 3. 8 *Plastocrete RT06*.

f. *Sikament-NN*

*Sikament-NN* merupakan bahan tambah (*admixture*) yang diproduksi oleh PT. Sika Indonesia. Adapun bahan tambah (*admixture*) yang digunakan adalah seperti pada Gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Sikament-NN.

### 3.5. Prosedur Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Bahan

Pengujian sifat fisik serta mekanik bahan digunakan untuk mengetahui spesifikasi bahan campuran pada beton. Pengujian ini berfungsi sebagai acuan dalam pembuatan *mix design* beton. Pengujian sifat fisik serta material diantaranya adalah pemeriksaan agregat halus serta agregat kasar yang akan digunakan dalam pembuatan beton. Pengujian yang dilakukan serta langkah-langkah dalam pengujiannya akan dijelaskan seperti dibawah ini.

- a. Pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar, dilakukan berdasarkan SNI ASTM C136:2012 dan menggunakan Persamaan 2.1.
- b. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus, dilakukan berdasarkan SNI 1970:2008 dan menggunakan Persamaan 2.2, 2.3, 2.4, dan 2.5 untuk perhitungannya.
- c. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar, dilakukan berdasarkan SNI 1969:2008 dan menggunakan Persamaan 2.6, 2.7, 2.8, dan 2.9 untuk perhitungannya.
- d. Pemeriksaan Kandungan Lumpur Agregat Halus dan Agregat Kasar, dilakukan berdasarkan SNI 03-4142-1996 dan menggunakan Persamaan 2.10, 2.11, dan 2.12 untuk perhitungannya.
- e. Pemeriksaan Kandungan Air Agregat Halus dan Agregat Kasar, dilakukan berdasarkan SNI 1971:2011 dan menggunakan Persamaan 2.13 untuk perhitungannya.
- f. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar, dilakukan berdasarkan SNI 2417:2008 dan menggunakan Persamaan 2.14 untuk perhitungannya.

### 3.6. Peralatan Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan beberapa macam alat guna untuk menunjang dalam pengambilan benda uji atau pengujian benda uji. Adapun peralatan yang digunakan diantaranya adalah sebagai berikut:

#### a. Saringan

Saringan pada penelitian ini digunakan untuk pengujian gradasi agregat halus serta agregat kasar. Saringan ini terbuat dari besi atau kuningan dengan berbagai macam ukuran lubang saringan. Adapun saringan yang digunakan dalam penelitian ini akan ditunjukkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Saringan.

#### b. *Sieve Shaker Machine*

*Sieve shaker machine* merupakan alat yang digunakan dalam pengujian gradasi agregat baik agregat halus atau agregat kasar. Adapun *sieve shaker machine* yang digunakan dalam penelitian ini akan ditunjukkan dalam Gambar 3.11.



Gambar 3. 11 *Sieve shaker machine*.

c. Mesin Abrasi *Los Angeles*

Mesin abrasi *Los Angeles* ini berfungsi sebagai alat untuk pengujian keausan agregat kasar. Mesin ini dilengkapi dengan bola-bola baja dan dapat diatur secara manual dalam penggunaannya. Adapun mesin abrasi *Los Angeles* yang digunakan dalam penelitian ini akan ditunjukkan dalam Gambar 3.12.



Gambar 3. 12 Mesin abrasi *los angeles*.

d. Timbangan Digital

Timbangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan digital dengan ketelitian 5 gram dengan kapasitas maksimum 150 Kg. Timbangan digital ini berfungsi sebagai pengukur massa benda secara elektronik. Timbangan ini di gunakan untuk menimbang beton sebelum dilakukan pengujian terhadap kuat tekan beton. Timbangan digital yang digunakan dalam penelitian ini akan ditunjukkan dalam Gambar 3.13.



Gambar 3. 13 Timbangan digital.

e. Neraca *Ohaus*

Neraca *Ohaus* merupakan alat ukur massa benda dengan ketelitian 0,05 gram. Prinsip kerja neraca ini adalah dengan membandingkan massa benda yang akan diukur dengan anak timbangan yang digunakan. Neraca *ohauss* ini digunakan untuk menimbang bahan-bahan yang digunakan. Adapun neraca *ohauss* yang digunakan dalam penelitian ini akan ditunjukkan pada Gambar 3.14.



Gambar 3. 14 Neraca *ohauss*.

f. Gelas Ukur

Gelas ukur yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas ukur dengan kapasitas 1000 ml. Gelas ukur ini digunakan untuk pengujian bahan serta mengukur kebutuhan bahan seperti halnya air dan bahan tambah (*admixture*). Adapun gelas ukur yang digunakan dalam penelitian ini akan ditunjukkan pada Gambar 3.15.



Gambar 3. 15 Gelas ukur.

g. Cetok/Sekop

Cetok atau sekop yang digunakan dalam penelitian ini merupakan cetok atau sekop yang terbuat dari baja. Cetok atau sekop ini digunakan untuk membantu mengambil material serta mengambil adukan beton segar, dsb.

h. Penggaris

Penggaris yang digunakan dalam penelitian ini berguna sebagai alat bantu pengukur pada pengujian *slump* beton. Penggaris yang digunakan memiliki ketelitian sebesar 0,1 cm..

i. Kaliper

Kaliper pada pengujian ini digunakan sebagai alat bantu untuk mengukur dimensi beton sebelum dilakukan pengujian kuat tekan beton. Kaliper yang digunakan memiliki ketelitian 0,05 mm. Adapun kaliper yang digunakan dalam penelitian ini akan ditunjukkan pada Gambar 3.16.



Gambar 3. 16 Kaliper.

j. Oven

Oven yang digunakan pada penelitian ini berfungsi untuk mengeringkan agregat yang akan diuji atau telah di uji dan digunakan untuk memanaskan beton dengan suhu 40° C selama 12 jam. Adapun oven yang digunakan dalam penelitian ini akan ditunjukkan pada Gambar 3.17.



Gambar 3. 17 Oven.

k. Mesin Molen Pengaduk (*Mixer*)

Mesin molen pengaduk (*mixer*) berfungsi untuk mencampur agregat halus, agregat kasar, semen, air, serta bahan-bahan penyusun beton lainnya. Adapun mesin yang digunakan akan ditunjukkan pada Gambar 3.18.



Gambar 3. 18 Mesin molen pengaduk (*mixer*).

l. Kerucut Abrams

Kerucut abrams digunakan untuk pengujian *slump* pada beton. Alat ini digunakan guna mengetahui nilai *slump* pada beton segar sebelum dimasukkan ke dalam cetakan silinder. Kerucut abram yang digunakan dalam penelitian ini akan ditunjukkan dalam Gambar 3.19.



Gambar 3. 19 Kerucut abrams.

m. Cetakan Benda Uji

Cetakan benda uji silinder yang digunakan merupakan cetakan yang terbuat dari baja dan memiliki berbagai macam dimensi, salah satunya yaitu 15 cm × 30 cm. Cetakan benda uji digunakan untuk mencetak beton segar sesuai dengan dimensi cetakan yang digunakan. Adapun cetakan yang digunakan akan ditunjukkan dalam Gambar 3.20.



Gambar 3. 20 Cetakan benda uji.

n. *Concrete compression tester machine*

*Concrete compression tester machine* merupakan alat yang digunakan untuk menguji kuat tekan beton. Prinsip kerja alat ini adalah dengan memasukkan data dimensi dari benda uji, kemudian *concrete compression tester machine* akan secara otomatis memberikan tekanan secara terus menerus dan tanpa kejut. Adapun *concrete compression tester machine* yang digunakan dalam penelitian ini akan ditunjukkan dalam Gambar 3.21.



Gambar 3. 21 *Concrete compression tester machine*.

o. Alat - alat tambahan

Alat – alat tambahan yang digunakan dalam penelitian ini guna untuk membantu dalam pengujian selain yang telah di jelaskan diatas, diantaranya adalah :

- 1) ember, digunakan untuk mengangkut bahan-bahan,
- 2) cawan atau nampan, digunakan untuk tempat bahan-bahan,
- 3) batang baja, digunakan untuk menumbuk dan memadatkan beton seagr dalam cetakan silinder,
- 4) selang air, digunakan untuk membantu dalam pencucian agregat,
- 5) *picnometer*, digunakan untuk pengujian berat jenis agregat halus,

- 6) bak perendaman, digunakan untuk merendam beton selama masa perawatan beton (*curing*).

### 3.7. Prosedur Pembuatan dan Pengujian Beton

Prosedur dalam pembuatan serta pengujian beton yang dilakukan akan dijelaskan seperti berikut ini.

- a. Perencanaan campuran beton (*mix design*)

Penelitian ini dilakukan berdasarkan SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Setelah dilakukan pengujian terhadap bahan-bahan penyusun beton maka selanjutnya dilakukan pembuatan rencana campuran beton normal. Perencanaan tersebut berdasarkan SNI 03-2834-2000 dan dalam perencanaannya digunakan cetakan silinder yang memiliki ukuran 15 cm × 30 cm.

- b. Penggunaan bahan tambah (*admixture*)

Penelitian ini menggunakan bahan tambah (*admixture*) dengan jenis *chemical admixture* diantaranya adalah *Plastocrete RT06* yang digunakan sebagai *water reducing* dan *set retarder* serta *Sikament-NN* yang digunakan sebagai pengurang air sebanyak 25% dan menghasilkan kuat tekan awal dan akhir yang tinggi. Dosis yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan dosis yang ditentukan oleh PT. Sika Indonesia yaitu 0,6% untuk penggunaan *Plastocrete RT06* serta 3% untuk penggunaan *Sikament-NN*, dosis tersebut diambil dari berat semen yang didapat dalam perencanaan beton.

- c. Pengadukan beton

Penelitian ini menggunakan variasi campuran yang sama, namun memiliki perlakuan yang berbeda. Perlakuan yang dimaksud diantaranya adalah perawatan beton dengan cara perendaman, dan perawatan dengan cara perendaman serta di oven selama 12 jam dengan suhu 40° C. Jumlah beton yang dibuat untuk 1 perlakuan sebanyak 6 benda uji, dan total benda uji yang dibuat sebanyak 12 benda uji dengan ukuran silinder 15 cm × 30 cm. Dalam pembuatan benda uji dilakukan dengan bantuan mesin pengaduk (*mixer*), setelah mesin pengaduk siap digunakan maka tahap selanjutnya adalah memasukkan bahan-bahan penyusun beton termasuk bahan tambah

(*admixture*) ke dalam *mixer*. *Mixer* harus menyatukan semua bahan penyusun beton sampai menjadi adukan yang merata.

d. Pengujian *slump* dan perhitungan waktu ikat

Setelah beton yang telah dicampur sudah menjadi campuran beton segar yang merata, maka tahap selanjutnya adalah pengujian *slump* pada beton segar. Pengujian *slump* ini dilakukan dengan menggunakan kerucut abram. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan dalam pengerjaan beton segar (*workability*). Apabila dalam pengujian *slump* ini beton memiliki nilai *slump* yang sesuai dengan rancangan, maka adukan beton segar tersebut dimasukkan ke dalam cetakan silinder dengan cara mengisi cetakan silinder dengan 3 tahap pengisian, setiap tahap yaitu diisi  $\frac{1}{3}$  dari volume silinder cetakan kemudian di tumbuk pada setiap tahap sebanyak 25 kali tumbukan. Setelah selesai maka ratakan bagian permukaannya agar permukaan beton rata.

Perhitungan waktu ikat (*setting time*) memiliki tujuan untuk mengetahui lama pengikatan semen terhadap agregat. Waktu ikat yang diperoleh dari pengujian dengan kerucut abram akan memberikan nilai yang paling konservatif terhadap penentuan waktu ikat awal adukan beton. Perhitungan waktu ikat dalam penelitian ini menggunakan cara yang manual yaitu dengan cara pengamatan setelah beton dilakukan pencampuran hingga tahap pengerasan beton yang sudah tidak dapat di ubah lagi bentuknya atau kedudukannya.

e. Perawatan benda uji (*curing*)

Perawatan benda uji (*curing*) dilakukan setelah beton mulai mengeras, perawatan ini bertujuan untuk menjaga beton agar tidak cepat kehilangan air dan untuk menjaga kelembaban/suhu beton sehingga beton dapat mencapai mutu beton yang telah ditentukan. Terdapat beberapa cara untuk menjaga kelembaban beton, diantaranya adalah:

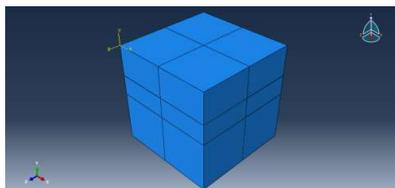
- 1) meletakkan beton di tempat yang lembab,
- 2) perawatan beton dengan cara direndam dalam air,
- 3) membungkus permukaan beton dengan karung goni yang telah dibasahi,
- 4) melakukan penyiraman yang teratur pada beton.

f. Pengujian kuat tekan beton dan modulus elastisitas

Pengujian kuat tekan beton dilakukan ketika beton sudah mencapai umur yang telah ditentukan, umur beton yang telah ditentukan diantaranya adalah : umur 7 hari, 21 hari dan 28 hari. Sebelum beton diuji tekan, beton terlebih dahulu di angkat dari bak perendaman dan dikeringkan selama 24 jam pada suhu ruang. Namun, untuk beton yang dioven maka setelah beton di angkat dari bak perendaman, beton tersebut di oven dalam suhu 40° C selama 12 jam kemudian dilakukan uji tekan beton. Beton yang akan diuji tekan harus diukur terlebih dahulu dimensinya. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan *concrete compression tester machine* dengan merek *Hung Ta* dengan kapasitas mesin 2000 kN untuk mengetahui beban maksimal yang dapat di terima oleh benda uji silinder. Setelah dilakukan pengujian kuat tekan maka dilakukan perhitungan dengan Persamaan 2.16 dan 2.18.

### 3.8. Permodelan Perkerasan Kaku Dengan *Software*

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis data dari laboratorium dengan menggunakan *software abaqus*. Model yang digunakan dalam permodelan ni berbentuk kubus dan lapisan yang digunakan sesuai dengan PD T-14-2003 tentang Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen. Menurut PD T-14-2003, tipikal struktur perkerasan beton semen terdiri dari perkerasan beton semen (lapis permukaan), pondasi bawah, dan tanah dasar (*subgrade*). Adapun ketebalan masing-masing setiap lapisan, diantaranya; tanah dasar (*subgrade*) dengan tebal 50 cm, lapis pondasi bawah dengan tebal 20 cm sesuai PD T-14-2003, dan lapis permukaan dengan tebal 30 cm sesuai data tebal perkerasan jalan Arteri Selatan Yogyakarta yang terbuat dari beton. Beban dalam permodelan di peroleh muatan sumbu terberat pada jalan kelas 1 yang diletakkan tepat ditengah potongan jalan. Adapun susunan lapisan yang digunakan dalam permodelan dapat dilihat pada Gambar 3.22.



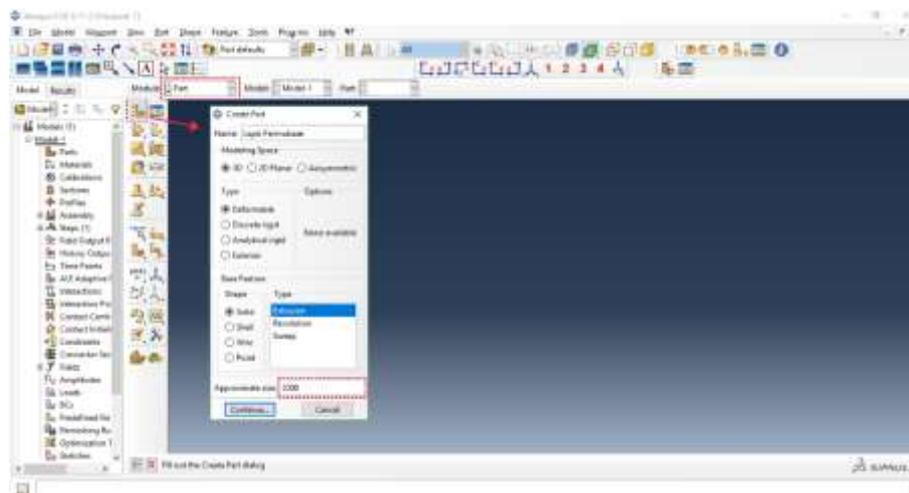
Gambar 3. 22 Susunan lapisan dalam permodelan.

### 3.9. Tahapan Permodelan

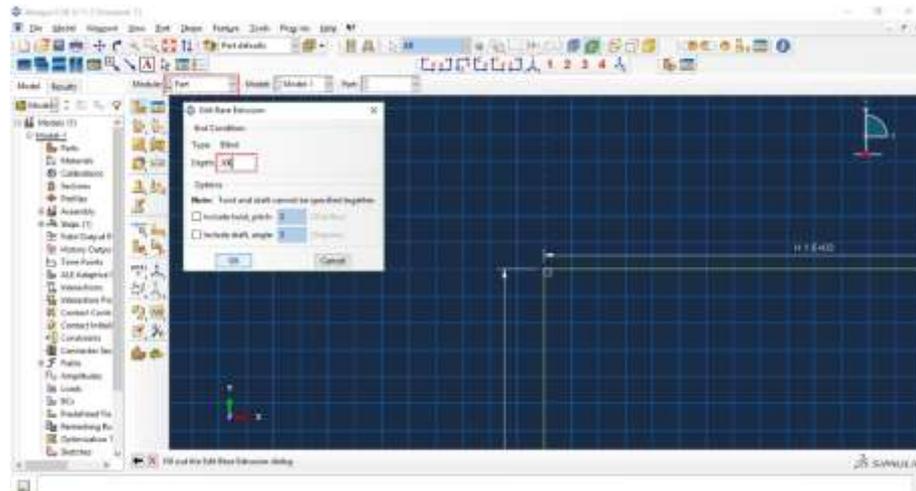
Adapun tahapan permodelan yang dilakukan untuk memperoleh hasil yang diinginkan dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut :

#### a. *Modul part*

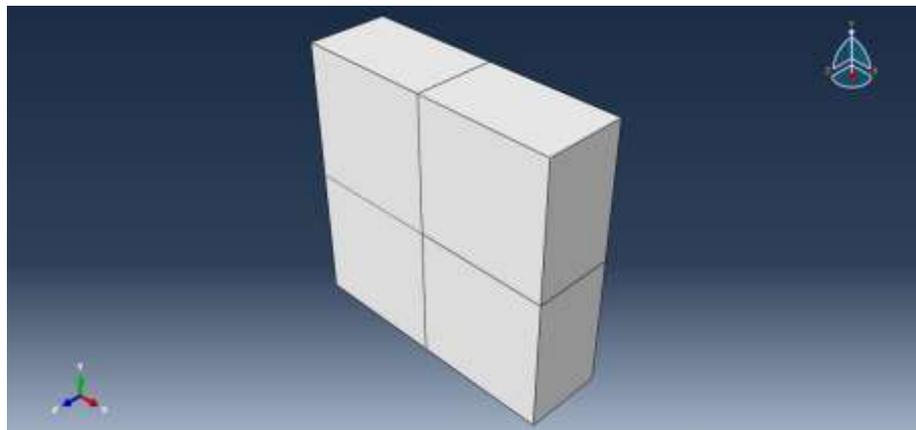
*Modul part* merupakan bagian dari modul yang digunakan untuk membuat benda uji dalam bentuk gambar yang akan disimulasikan dalam *software abaqus*. Tahapan ini berfungsi untuk melakukan modifikasi benda maupun bentuk sesuai dengan model yang akan dibuat. Penggambaran pada tahap ini dibuat sesuai dengan dimensi dan ketentuan yang telah dibuat sebelumnya. Pembuatan part ini dibuat berdasarkan dimensi yang sudah ditentukan sebelumnya, dengan panjang permodelan 1 m dan lebar permodelan 1 m. Tebal setiap susunan lapisan yang digunakan, diantaranya : lapis permukaan dibuat dengan tebal 30 cm, lapis pondasi bawah dibuat dengan tebal 20 cm, dan tebal *subgrade* yang digunakan adalah 50 cm. Penentuan tebal lapis permukaan berdasarkan data tebal perkerasan kaku yang digunakan oleh Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Provinsi D.I. Yogyakarta (P2JN DIY) pada Jalan Arteri Selatan Yogyakarta. Adapun tahap-tahap yang dilakukan dalam *modul part* ini akan dijelaskan seperti pada Gambar 3.23, Gambar 3.24, Gambar 3.25, Gambar 3.26, dan Gambar 3.27,



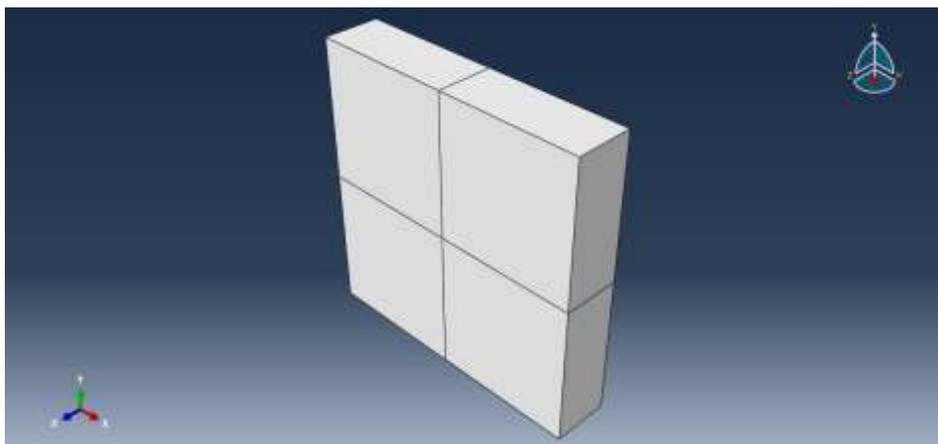
Gambar 3. 23 Membuat *Create New Model Part*.



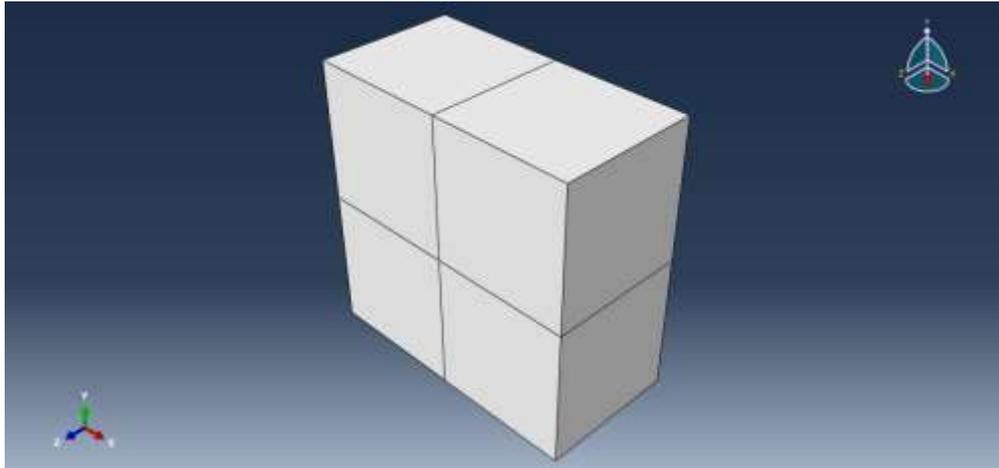
Gambar 3. 24 Membuat susunan lapisan permodelan sesuai dengan ukuran yang direncanakan.



Gambar 3. 25 Lapisan permukaan yang digunakan dalam permodelan.



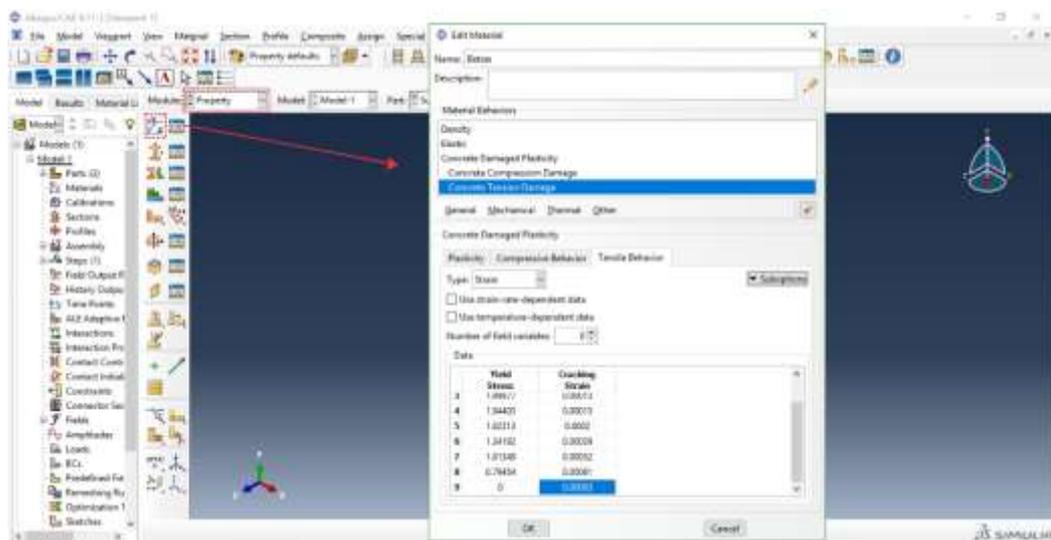
Gambar 3. 26 Lapis pondasi bawah yang digunakan dalam permodelan.



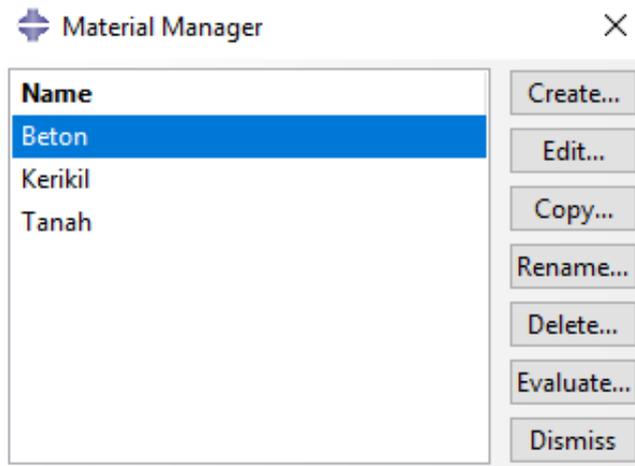
Gambar 3. 27 *Subgrade* yang digunakan dalam permodelan.

b. *Modul property*

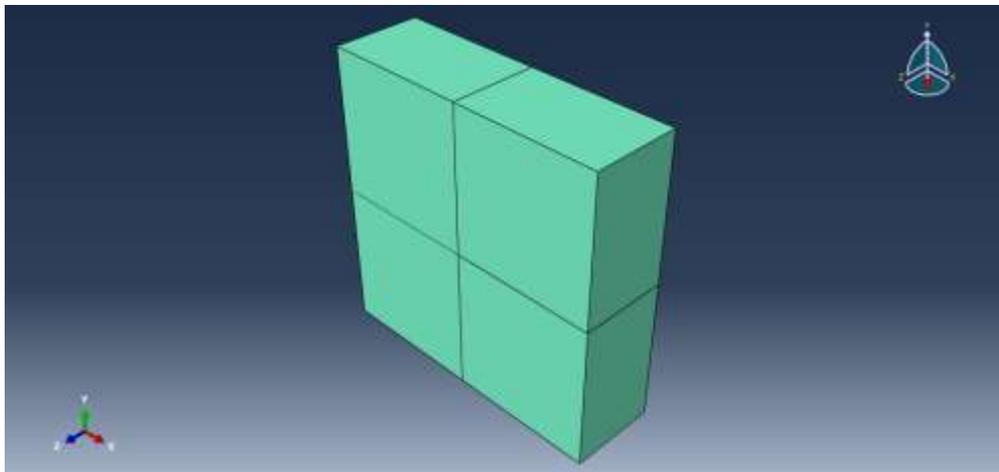
*Modul property* memiliki tujuan sebagai tempat memasukkan sifat mekanis bahan, jenis material yang digunakan, serta spesifikasi teknis dan material yang akan dianalisis. Proses ini harus dilakukan sebelum melakukan proses selanjutnya, karena proses ini sangat penting sebelum semua material disusun menjadi satu. Adapun tahap-tahapan yang dilakukan dalam *modul property* dapat dilihat pada Gambar 3.28, Gambar 3.29, Gambar 3.30, Gambar 3.31, dan Gambar 3.32.



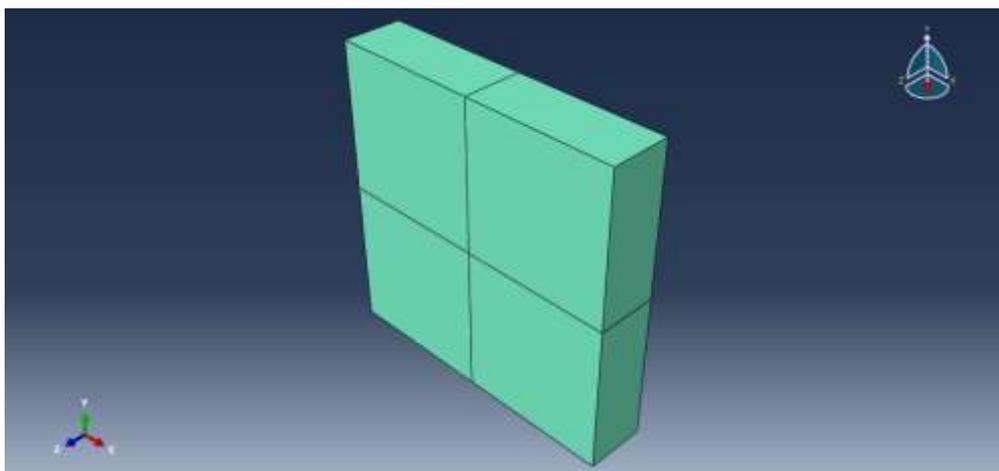
Gambar 3. 28 Membuat material dan memasukkan data-data yang dibutuhkan.



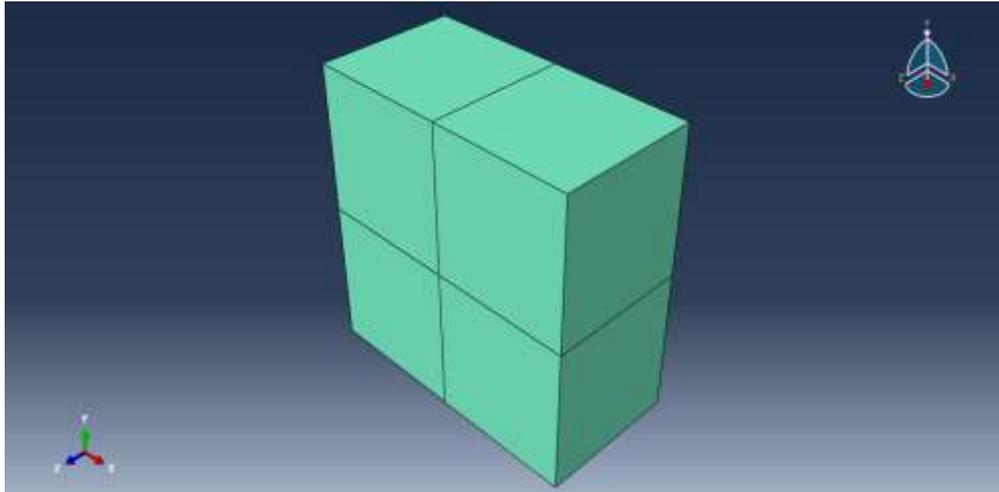
Gambar 3. 29 Tampilan material yang telah dibuat pada *Material Manager*.



Gambar 3. 30 Tampilan lapis permukaan yang telah dimasukkan sifat mekanisnya.



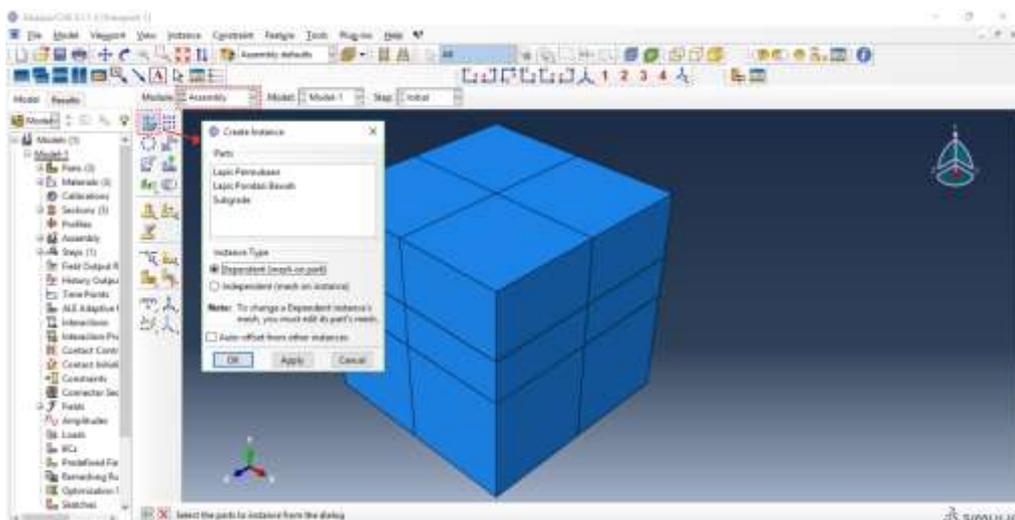
Gambar 3. 31 Tampilan lapis pondasi bawah yang telah dimasukkan sifat mekanisnya.



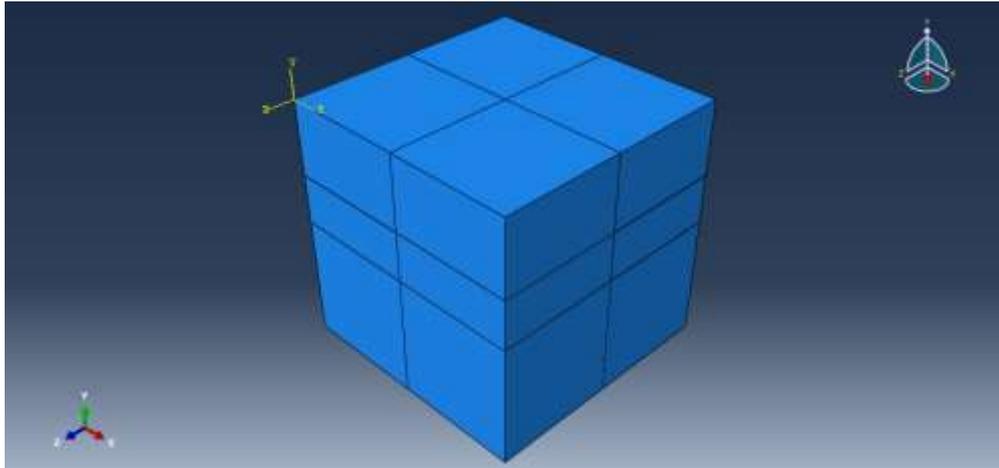
Gambar 3. 32 Tampilan *subgrade* yang telah dimasukkan sifat mekanisnya.

c. *Assembly*

*Assembly* merupakan tahapan untuk menyusun bagian-bagian komponen (*instance part*) yang akan dimodelkan menjadi satu kesatuan sehingga akan memungkinkan untuk dilakukannya analisis numerik. Pada tahapan ini setiap *part* akan disusun menjadi satu agar dapat dianalisis. Adapun tahapan yang dilakukan pada *assembly* dapat dilihat pada Gambar 3.33 dan Gambar 3.34.



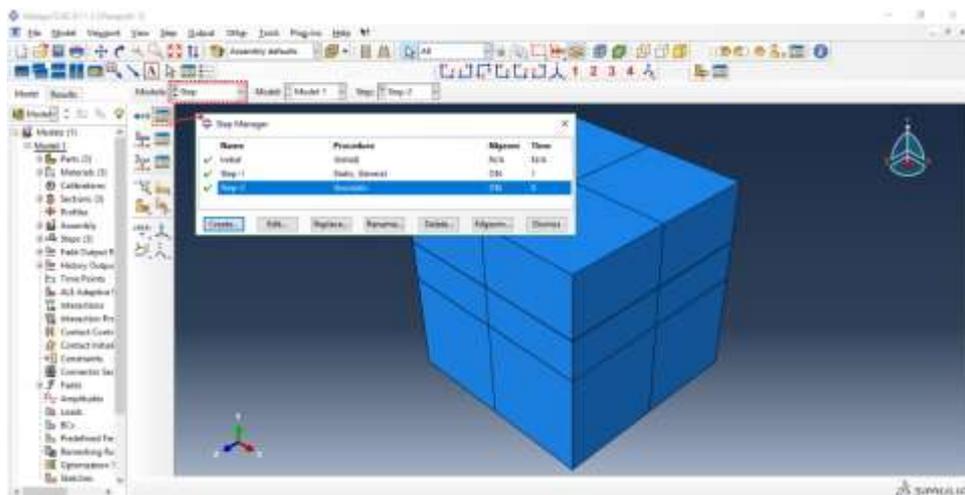
Gambar 3. 33 Tampilan cara penyusunan *part* menjadi satu.



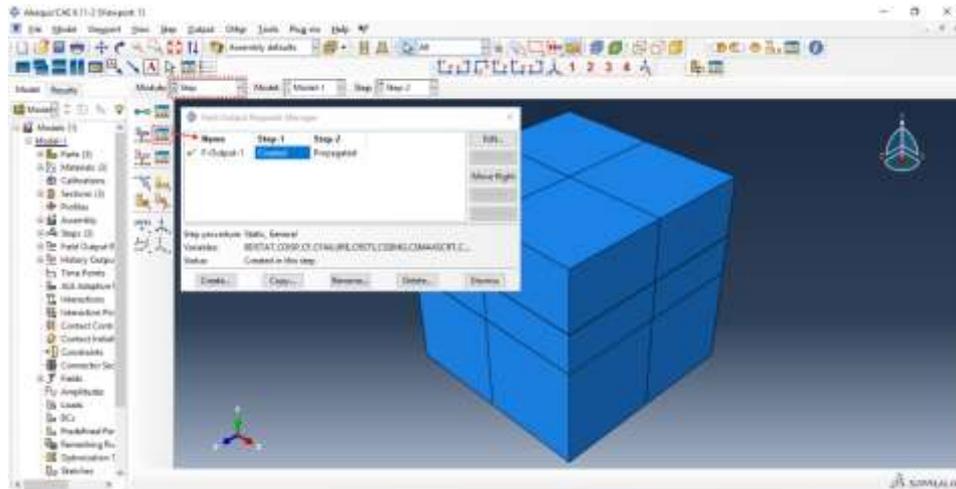
Gambar 3. 34 Tampilan hasil penyusunan semua *part* yang telah dilakukan.

d. *Modul step*

*Step* digunakan untuk menentukan urutan langkah-langkah. Dalam *modul step* ini juga terdapat menu *set* dan *surface* yang digunakan untuk meletakkan beban yang akan dikerjakan pada benda uji. Pada tahap ini permodelan hanya dibuat 2 *step*. Adapun tahapan yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.35, Gambar 3.36, Gambar 3.37, Gambar 3.38, dan Gambar 3.39.



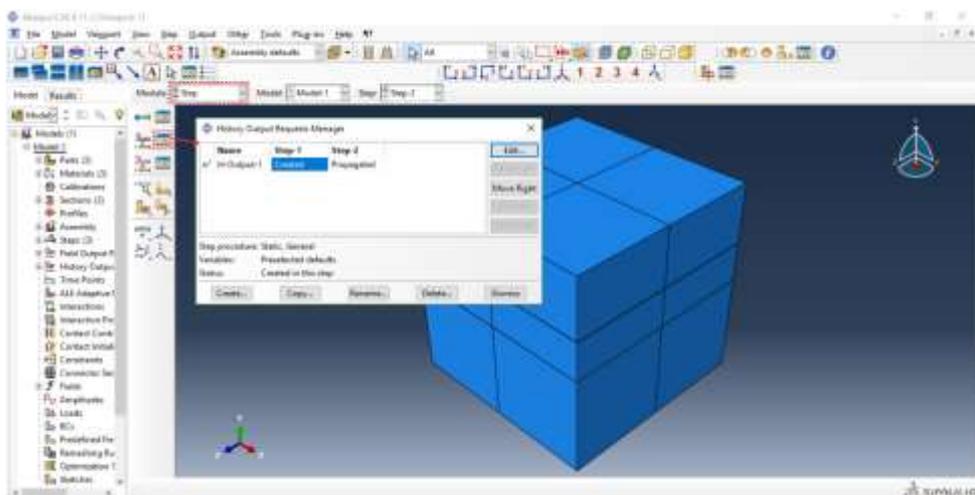
Gambar 3. 35 Tampilan cara membuat *step*.



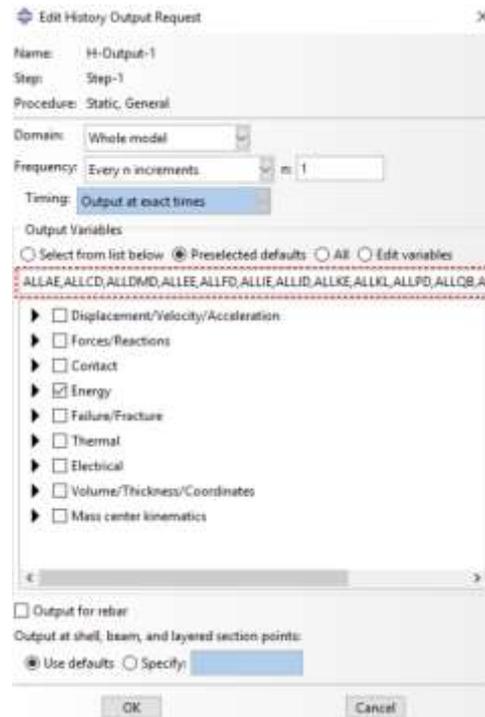
Gambar 3. 36 Membuat *output* pada *step* yang digunakan.



Gambar 3. 37 Tampilan permintaan *output* pada *step* yang digunakan.



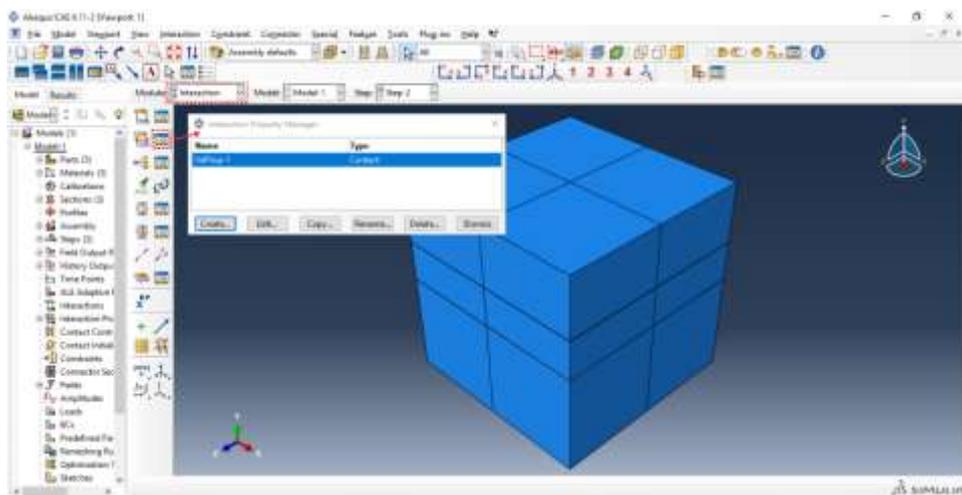
Gambar 3. 38 Membuat *output* pada *step* yang digunakan.



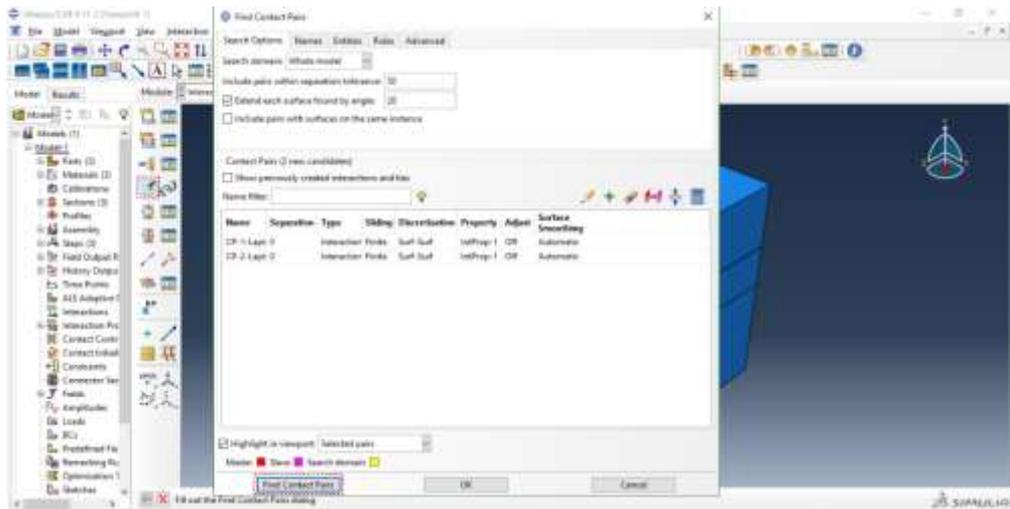
Gambar 3. 39 Tampilan permintaan *output* pada *step* yang digunakan.

e. *Modul interaction*

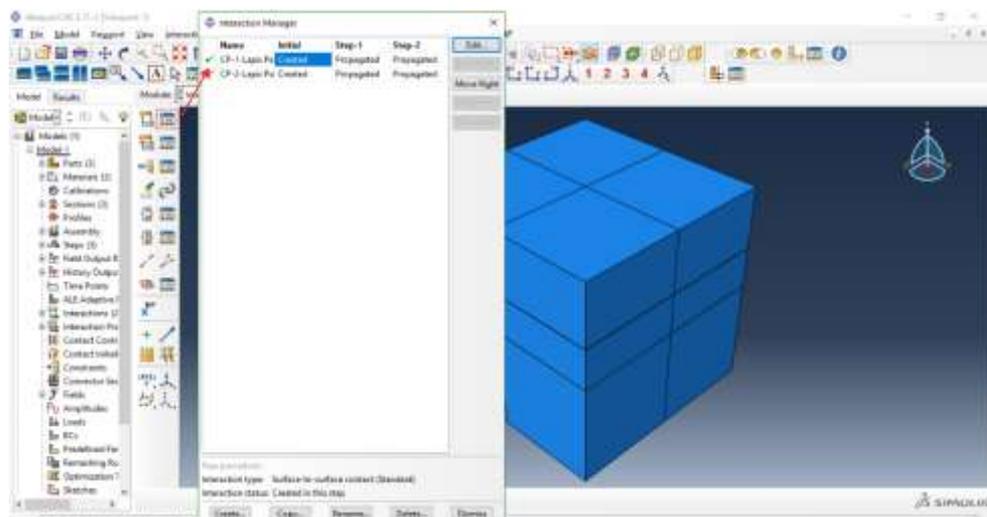
*Modul interaction* digunakan untuk menentukan bagian material yang akan mengalami kontak dan untuk memberikan *constraint* pada benda yang dianalisis untuk mencegah bergesernya benda dari kedudukan awalnya. Cara membuat interaksi ini adalah dengan cara mengklik *icon find contact pairs*, kemudian akan otomatis muncul jendela *interaction manager*. Adapun tahapan yang dilakukan pada *modul interaction* dapat dilihat pada Gambar 3.40, Gambar 3.41, dan Gambar 3.42.



Gambar 3. 40 Membuat *intProp-1*.



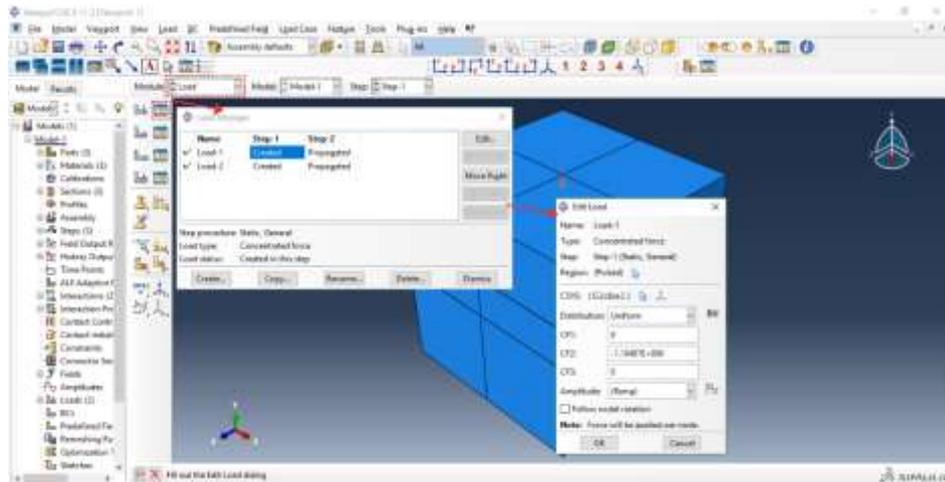
Gambar 3. 41 Membuat interaksi pada semua *part* yang digunakan.



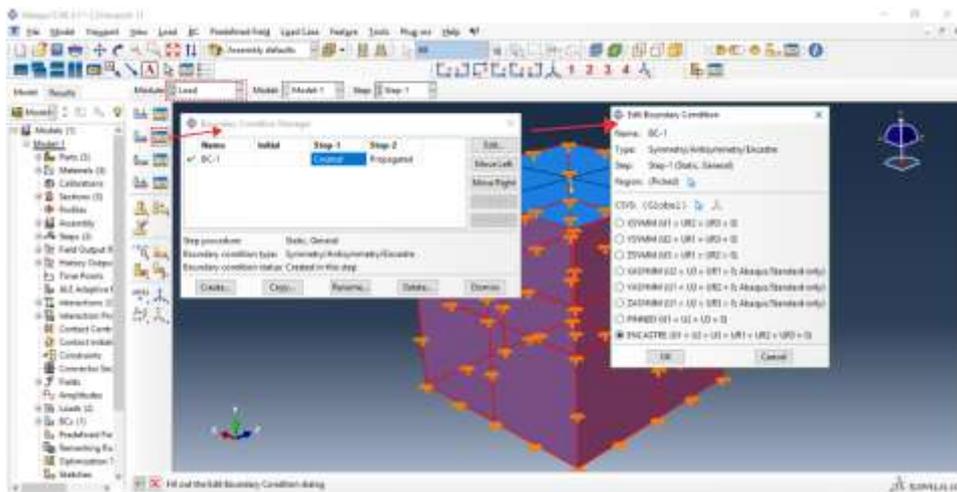
Gambar 3. 42 Tampilan *interaction manger* yang sudah berisi interaksi yang digunakan dalam permodelan.

f. *Modul load & boundary condition*

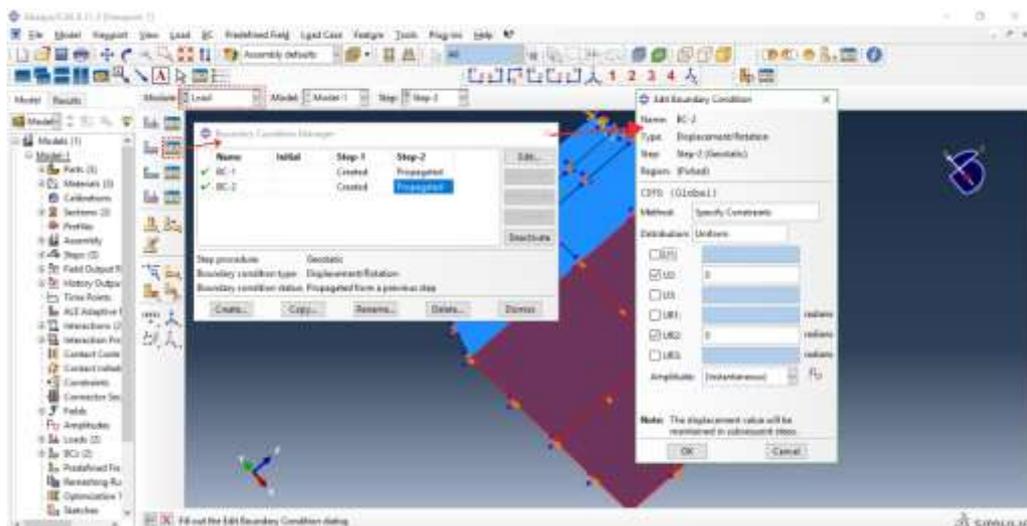
*Load* berfungsi untuk memberikan beban, kecepatan, *boundary* pada benda uji yang dimodelkan. *Modul* ini juga berfungsi sebagai sarana untuk memasukkan tipe kondisi batas (*boundary conditions*). Beban yang dibuat pada tahapan ini adalah *concentrated force* dan *gravity*, dan beban yang dipakai pada *Load input* adalah beban dari muatan sumbu terberat pada jalan kelas 1. Adapun tahapan yang dilakukan pada modul ini dapat dilihat pada Gambar 3.43, Gambar 3.44, dan Gambar 3.45.



Gambar 3. 43 Tampilan *load-1* concentrated force dan *load-2* gravity.



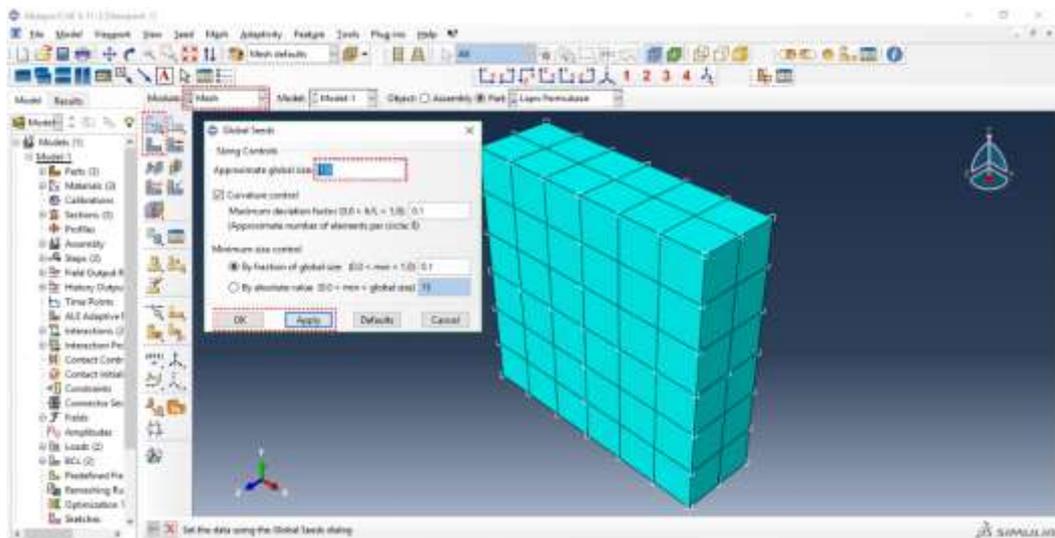
Gambar 3. 44 Tampilan *boundary condition* untuk *symmetry/antisymmetry/encastre*.



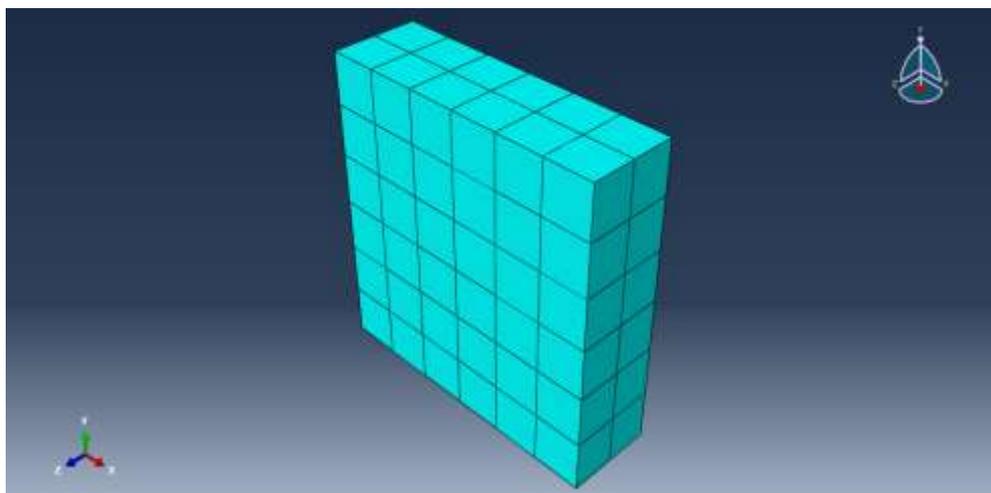
Gambar 3. 45 Tampilan *boundary condition* untuk *displacement/rotation*.

g. *Modul mesh*

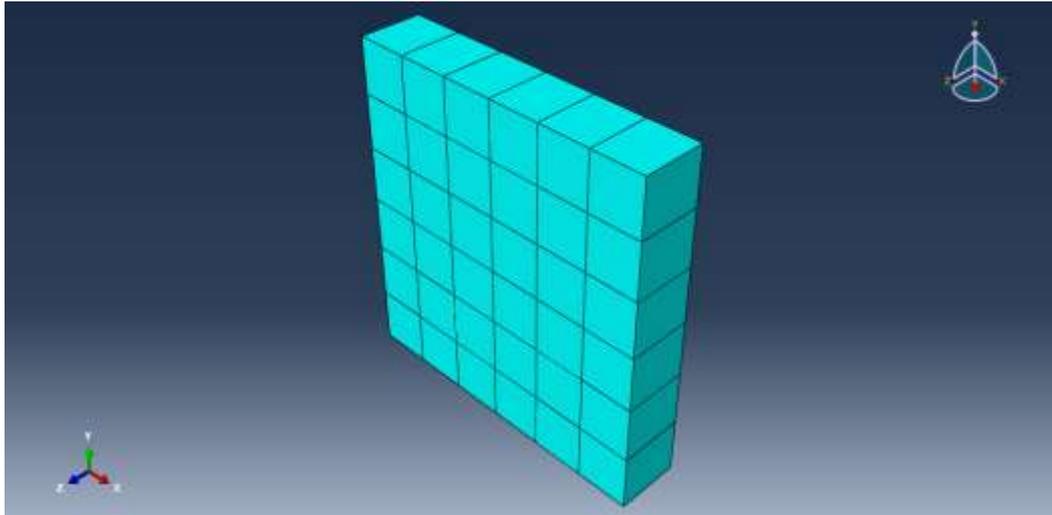
*Mesh* ini berguna untuk membagi-bagi geometri dari benda yang akan dimodelkan menjadi *node* dan elemen. *Mesh* yang dibuat dapat di kontrol dan dapat ditentukan jenisnya, dan proses *mesh* dilakukan untuk membagi model menjadi elemen-elemen lebih kecil sehingga dapat mempermudah dalam proses hitungannya. Dalam proses ini, semua *part* akan di *mesh* dengan cara per-*part*, karena dalam *software abaqus* tidak dapat membuat *mesh* pada model yang telah di-*Assembly* sebelumnya. Adapun tahapan pembuatan *modul mesh* dapat dilihat pada Gambar 3.46, Gambar 3.47, Gambar 3.48, dan Gambar 3.49.



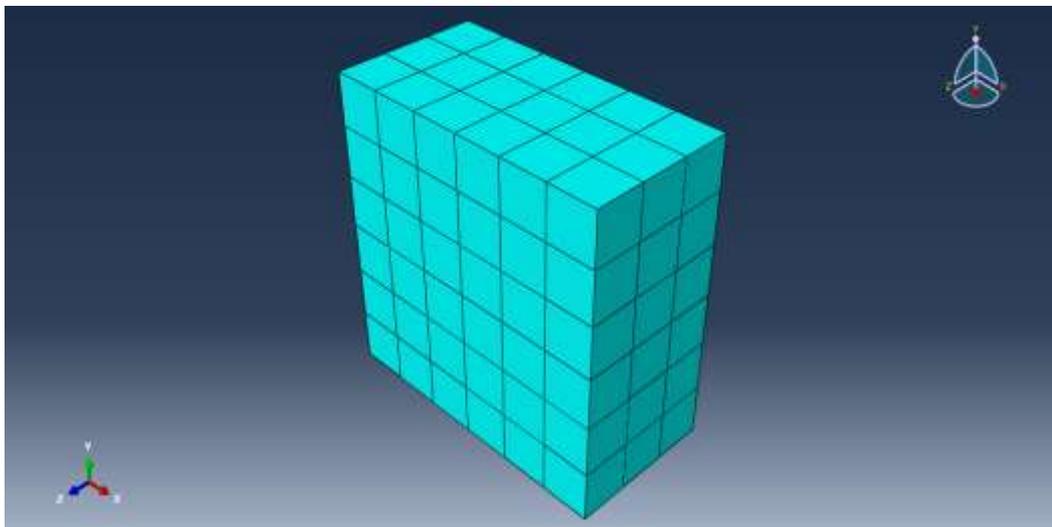
Gambar 3. 46 Membuat *mesh* pada lapis permukaan dengan *approximate global size* 150.



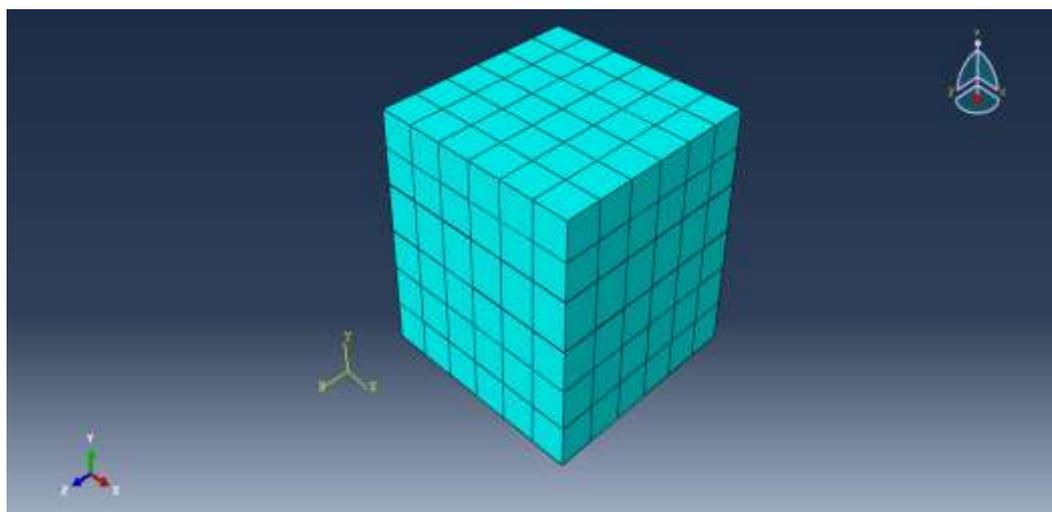
Gambar 3. 47 Tampilan lapis permukaan setelah di-*mesh*.



Gambar 3. 48 Tampilan lapis pondasi bawah setelah di-mesh.



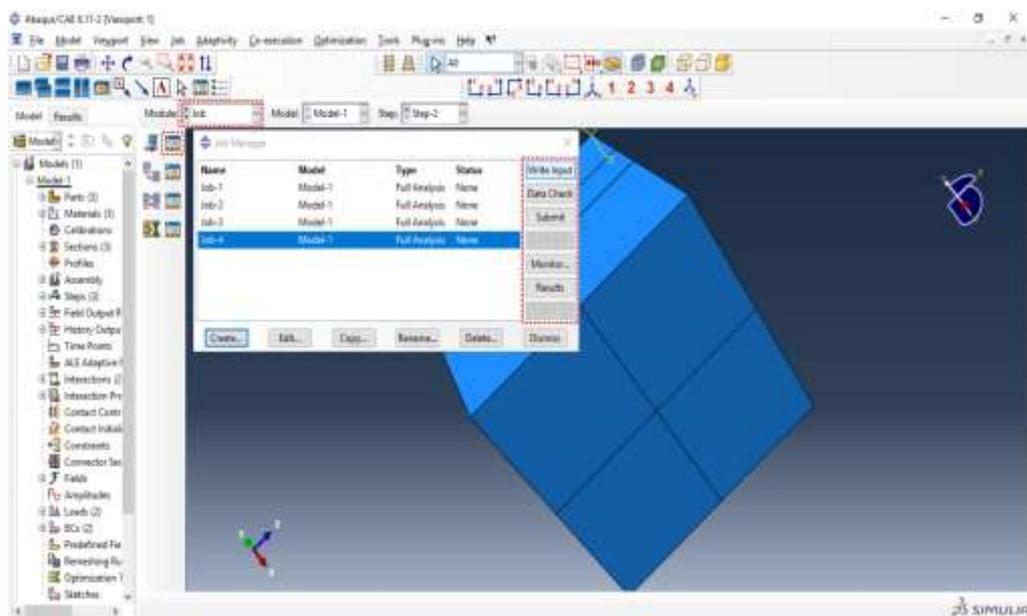
Gambar 3. 49 Tampilan *subgrade* setelah di-mesh.



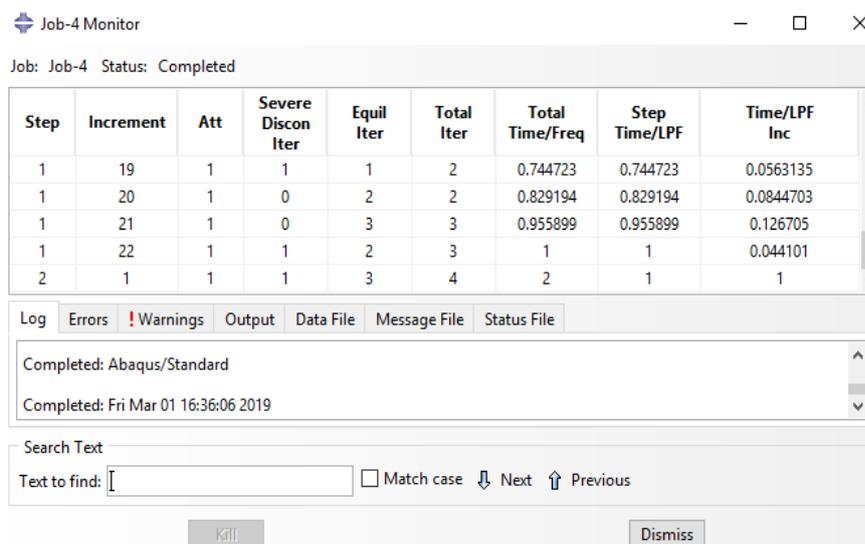
Gambar 3. 50 Tampilan model secara keseluruhan setelah di-mesh.

#### h. Modul job

*Modul job* memiliki fungsi untuk melakukan proses *running* terhadap model setelah data yang dimasukkan seluruhnya selesai. Pada proses ini akan didapatkan hasil analisa dan perhitungan terhadap benda uji yang telah dimodelkan. *Running* pada program ini dapat dilakukan berkali-kali sesuai dengan *mesh* yang telah dibuat yang berfungsi untuk memaksimalkan hasil yang didapatkan. Adapun tahapan yang dilakukan pada *modul job* ini dapat dilihat pada Gambar 3.51, Gambar 3.52, Gambar 3.53, Gambar 3.54, Gambar 3.55, Gambar 3.56, dan Gambar 3.57.



Gambar 3. 51 Tampilan untuk *running*.



Gambar 3. 52 Tampilan *monitor-running* pada *job-4*.



