Perancangan dan pembuatan sambungan *Head Tube* sepeda menggunakan 3D Printer dengan perkuatan lapisan *fiberglass*

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin

Disusun Oleh :

Nama : REZA HANAFI ARMAWIJAYA
No. Mahasiswa : 18525054
NIRM : -

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2022

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

Perancangan dan pembuatan sambungan *Head Tube* sepeda menggunakan 3D Printer dengan perkuatan lapisan *fiberglass*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : REZA HANAFI ARMA WIJAYA

No. Mahasiswa : 18525054

NIRM : -

Yogyakarta, 11 November 2022

Pembimbing 1,

Ir. Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M. IPP

Lembar Pengesahan Dosen Penguji

Perancangan dan pembuatan sambungan *Head Tube* sepeda menggunakan 3D Printer dengan perkuatan lapisan *fiberglass*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : **REZA HANAFI ARMA WIJAYA**

No. Mahasiswa : **18525054**

NIRM : -

Tim Penguji

Ir. Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M.
IPP.
Ketua

Tanggal :28/11/2022

Agung Nugroho Adi, S.T., M.T.
Anggota I

Tanggal : 25/11/2022

Finny Pratama Putera, S.T., M.Eng.
Anggota II

Tanggal : 25/11/2022

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA ★ YOGYAKARTA ★ FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya Reza Hanafi Arma Wijaya menyatakan bahwa tugas akhir yang berjudul "Perancangan dan Pembuatan Sambungan Head Tube Sepeda menggunakan 3D Printer dengan Perkuatan Lapisan Fiberglass", adalah hasil tulisan saya yang saya buat sendiri dengan sepenuh hati. Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam tugas akhir ini, tidak terdapat hasil tulisan orang lain yang dilakukan dengan cara menyalin atau meniru. Yang saya akui bahwa saya mengutip dan melakukan parafase sehingga dicantumkan sumber serta refrensinya.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pengakuan saya tidak benar, serta melakukan pelanggaran peraturan, dan kemudian terbukti bahwa pada tugas akhir saya melakukan tindakan menyalin tulisan orang lain dan tanpa dilakukan parafase serta mencantumkan sumbernya, saya akan siap menerima sanksi dan ketentuan yang berlaku.

Yogyakarta, 29 November 2022



Reza Hanafi Arma Wijaya

Nim: 18525054

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur yang sangat mendalam, Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan dan mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua dan keluarga penulis yang berada di Bengkulu, dimana senantiasa memberikan dukungan moral dan materi kepada penulis dari awal kuliah sampai saat ini menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak dan Ibu dosen yang telah senantiasa memberikan ilmu serta selalu membimbing penulis sehingga dapat menjadi seorang sarjana.
3. No Bopan yang berisikan sahabat - sahabat saya. Anang, Andika, dan Rizky. Dimana sudah menemani saya dalam susah maupun senang dan selalu ada disaat saya membutuhkan kalian.
4. Teman saya, Attariq, Dicky, dan Geo yang selalu menjadi guru saya ketika saya tidak memahami suatu pelajaran.
5. Kelompok Tugas Akhir, teman saya Adi, Yanuar, dan Nevrizal.
6. Teman mahasiswa Teknik Mesin angkatan 2018.

HALAMAN MOTTO

“Ilmu pengetahuan tanpa agama adalah pincang. Agama tanpa ilmu adalah buta”

Albert Einstein

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

QS. Al-Baqarah: 286

“Jangan anggap dirimu tidak berguna, mustahil Allah SWT menciptakanmu menjadi makhluk yang sia-sia, bahkan debu sekalipun berguna untuk tayamum”

KATA PENGANTAR

Assalamulaikum Warahmatullahi wa Barokatuh.

Pertama, marilah kita panjatkan puji syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala maha segalanya, maha pemurah, maha pemberi rezeki, maha memudahkan segalanya. Tuhan kita, semesta alam dimana telah melimpahkan rahmat-Nya, taufiq, serta hidayah-Nya sehingga kita selalu diberi nikmat iman dan nikmat islam.

Dengan Ridho dari Allah SWT pelaksanaan dan penyusunan tugas akhir ini bisa diselesaikan, dengan melewati banyak rintangan yang ada, selama melaksanakan perancangan dan penelitian pada tugas akhir. Perancangan yang disusun oleh penulis bertujuan untuk menyelesaikan strata satu (S-1) di Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

Tidak lupa saya mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan menyemangati saya dalam pelaksanaan tugas akhir ini. Oleh karena itu saya sebagai penulis mengucapkan terimakasih yang tidak ada henti – hentinya. Diantaranya kepada :

1. Allah SWT yang telah melimpahkan semuanya kepada penulis sebagai hamba-Nya.
2. Keluarga saya yang berada di Bengkulu yang telah memberikan dukungan sepenuh hati kepada saya hingga tugas akhir ini bisa selesai.
3. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP. Selaku ketua prodi Teknik Mesin UII.
4. Bapak Ir. Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M. IPP. Selaku dosen pembimbing saya, yang sudah membimbing saya dengan baik dan penuh kesabaran.
5. Bapak Ir. Donny Suryawan, S.T, M.Eng., IPP. Selaku dosen wali saya sejak semester 1 hingga sekarang.
6. Seluruh staf pengajar, staf adminitrasi, dan karyawan di Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
7. Rekan mahasiswa Teknik Mesin 2018.
8. Semua pihak yang sudah membantu dan mendukung penulis yang tidak bisa disebutkan semuanya dalam kata pengantar dan penulis ucapkan terimakasih.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan pada perancangan ataupun karya yang dibuat, oleh karena itu penulis mengharapkan saran serta masukan agar laporan ini menjadi lebih baik bagi pembaca dan penulis selanjutnya.

Akhir kata, penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa dan pembaca yang akan melakukan penelitian dimasa yang akan datang.

Yogyakarta, 12 November 2022



Reza Hanafi Arma Wijaya

ABSTRAK

Sepeda adalah sebuah alat transportasi yang digunakan untuk berpindah dari suatu tempat ke tempat lainya. Umumnya sepeda dibuat menggunakan besi, baja, dan bahan logam lainnya. Pada penelitian ini sepeda dibuat menggunakan *3D printing* yang dilaminasi, tujuannya adalah untuk memperkuat bagian *3D print* agar bisa mendapatkan kekuatan maksimal. Metode laminasi yang digunakan adalah *hand lay-up*. Metode *hand lay-up* dinilai paling sederhana dan murah dibanding metode lainya. Pada penelitian ini proses yang dibutuhkan berupa proses desain, proses analisis, proses pencetakan *3D print*, proses laminasi *3D print* dan proses perakitan. Pada pengujian CEN 14766 didapatkan tegangan maksimal pada pembebanan vertikal sebesar 27,03 MPa, pembebanan horisontal sebesar 133,1 MPa, dan pembebanan pedal sebesar 29,96 Mpa. Dari hasil analisis didapatkan hasil bahwa frame mampu menahan beban 120 kg, mampu melewati balok, dan sepeda mampu berjalan sejauh 1 km sesuai dengan pengujian SNI 1049:2008. Sepeda mampu melaju dengan kecepatan maksimal 26,2 km/jam. Setelah dilakukan beberapa kali pengujian part head tube, bertahan dengan baik, dan tidak terjadi keretakan pada setiap sisinya. Sehingga pengujian dan perancangan berjalan sesuai rencana dan sesuai SNI 1049:2008.

Kata kunci/*keywords*: Sepeda, Laminasi*, 3D Print, Head Tube*, *Hand Lay-Up*.

ABSTRACT

Bicycle is a means of transportation used to move from one place to another. Generally bicycles are made using iron, steel, and other metal materials. In this study, the bicycle was made using 3D Printing, the aim was to strengthen the 3D Print in order to get maximum strength. The lamination method used is hand lay-up. The hand lay-up is considered the simplest and cheapest compared to other methods. In this research, the processes required are the design process, the analysis process, the 3D print lamination 3D print process and the assembly process. In the CEN 14766 test, the maximum stress on vertical loading is 27.03 MPa, horizontal loading is 133.1 MPa, and pedal loading is 29.96 MPa. From the results of the analysis, it was found that the frame was able to withstand a load of 120 kg, was able to pass through the beam, and the bicycle was able to walk as far as 1 km according to the SNI 1049:2008 test. The bicycle is capable of traveling at a maximum speed of 26.2 km/hour. After several times of testing the head tube part, it holds up well, and there are no cracks on each side. So that the testing and design goes according to plan and according to SNI 1049:2008.

Keywords: Bicycle, Laminate, 3D Print, Head Tube, Hand Lay-Up.

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji iii
Halaman Persembahan iv
Halaman Motto v
Kata Pengantar vi
Abstrak viii
Daftar Isi x
Daftar Tabel xii
Daftar Gambar xiii
Daftar Notasi xvi
Bab 1 Pendahuluan 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Perancangan 3
1.5 Manfaat Perancangan 3
1.6 Sistematika Penulisan 3
Bab 2 Tinjauan Pustaka 5
2.1 Kajian Pustaka 5
2.2 Dasar Teori 6
2.2.1 Pengertian Sepeda 6
2.2.2 Bagian Sepeda 8
2.2.3 3D Print 9
2.2.4 Mesin *3D Print* 10
2.2.5 PLA 12
2.2.6 Komposit 12
2.2.7 Fiberglass 14
2.2.8 Resin 15
2.2.9 Hand Lay-Up 15

2.2.10 Standar Pengujian *CEN* 14766 16
2.2.11 Uji Jalan SNI 1049:2008 17
Bab 3 Metode Penelitian 19
3.1 Alur Perancangan 19
3.2 Kriteria Desain 20
3.3 Peralatan dan Bahan 20
3.3.1 Peralatan 20
3.3.2 Bahan 24
3.4 Perancangan 26
3.4.1 Pengukuran *Frame* Sepeda 27
3.4.2 Proses Desain 27
3.4.3 Proses Analisis 28
3.4.4 Proses Produksi 3*D Print* 30
3.4.5 Proses Laminasi 3*D Print* 31
3.4.6 Proses Perakitan 31
3.5 Pengujian *frame* 32
3.5.1 Uji jalan sepeda SNI 1049:2008 32
Bab 4 Hasil dan Pembahasan 33
4.1 Hasil Perancangan 33
4.1.1 Hasil Desain 33
4.1.2 Hasil cetak *3D print* 34
4.1.3 Hasil 3D *print* yang dilaminasi 37
4.1.4 Perakitan Sepeda 39
4.2 Hasil Pengujian 40
4.2.1 Hasil Analisis Pengujian CEN 14766 40
4.2.2 Hasil Pengujian Jalan SNI 1049:2008 44
4.3 Analisis dan Pembahasan 47
Bab 5 Penutup 52
5.1 Kesimpulan 52
5.2 Saran 52
Daftar Pustaka 53
LAMPIRAN 54

DAFTAR TABEL

Tabel 3 - 1 Material 28
Tabel 4 - 1 Parameter 3D print 36
Tabel 4 - 2 Hasil analisis standar CEN 14677 44
Tabel 4 - 3 Data penguji 45
Tabel 4 - 4 Persiapan sepeda 45
Tabel 4 - 5 Pengujian sepeda 45
Tabel 4 - 6 Kecepatan sepeda 46
Tabel 4 - 7 Kesimpulan pengujian SNI 46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 - 1 Bagian *frame* sepeda 8
Gambar 2 - 2 Diagram alir proses *3D printing* 9
Gambar 2 - 3 Flashforge Creator Pro 10
Gambar 2 - 4 Build volume flashforge 11
Gambar 2 - 5 Spesifikasi *Flashforge Creator Pro* 11
Gambar 2 - 6 Filamen PLA 12
Gambar 2 - 7 Komposit berdasarkan penguat 13
Gambar 2 - 8 Struktur komposit *sandwich* 14
Gambar 2 - 9 *Fiberglass* 14
Gambar 2 - 10 Metode *hand lay-up* 15
Gambar 2 - 11 Analisis pembebanan vertikal 16
Gambar 2 - 12 Analisis pembebanan pedal 17
Gambar 2 - 13 Analisis pembebanan horisontal 17
Gambar 2 - 14 Uji jalan SNI 1049:2008 18
Gambar 3 - 1 Diagram Alur Penelitian 19
Gambar 3 – 2 Laptop Acer *Nitro-5 AN515-51* 20
Gambar 3 - 3 *Software Solidwork* 2018 21
Gambar 3 - 4 *Software Ansy*s 2021 21
Gambar 3 - 5 *Flashprint 5* 21
Gambar 3 - 6 Mesin *3D print Flashforge Creator Pro* 22
Gambar 3 - 7 Jangka Sorong 22
Gambar 3 - 8 *Toolset* 23
Gambar 3 - 9 Gerinda 23
Gambar 3 - 10 Ragum 23
Gambar 3 - 11 Kikir 24
Gambar 3 - 12 Amplas 24
Gambar 3 - 13 PLA 25
Gambar 3 - 14 *Fiberglass* 25
Gambar 3 - 15 Resin 25
Gambar 3 - 16 Katalis 26

Gambar 3 - 17 Lem epoxy 26
Gambar 3 - 18 Proses pembersihan cat 27
Gambar 3 - 19 Proses pengukuran pipa *frame* 27
Gambar 3 - 20 Sketsa desain 28
Gambar 3 - 21 *Fix* pada *frame* 28
Gambar 3 - 22 *Force* 29
Gambar 3 - 23 Pembebanan vertikal 29
Gambar 3 - 24 Pembebanan horisontal 30
Gambar 3 - 25 Pembebanan pedal 30
Gambar 3 - 26 Balok kayu 32
Gambar 4 - 1 Desain pertama 33
Gambar 4 - 2 Desain kedua 34
Gambar 4 - 3 Desain ketiga 34
Gambar 4 - 4 *Cracking* pada *Head tube* 35
Gambar 4 - 5 Ilustrasi penyebab *cracking* dan *wraping* 35
Gambar 4 - 6 Hasil *3D print* 36
Gambar 4 - 7 Gelumbung udara pada *head tube* 37
Gambar 4 - 8 *Part* yang sudah dilaminasi 38
Gambar 4 - 9 *Head tube* yang sudah dilakukan penghalusan 38
Gambar 4 - 10 Proses pengeleman dan *assembly* 39
Gambar 4 - 11 Sepeda yang sudah di *assembly* 39
Gambar 4 - 12 Tegangan maksimal pada pembebanan vertikal 40
Gambar 4 - 13 *Safety Factor* pembebanan vertikal 40
Gambar 4 - 14 Tegangan maksimal *head tube* beban vertikal 41
Gambar 4 - 15 Deformasi *head tube* beban vertikal 41
Gambar 4 - 16 Tegangan maksimal pembebanan horisontal 42
Gambar 4 - 17 *Safety factor frame* pembebanan horisontal 42
Gambar 4 - 18 Tegangan maksimal *head tube* pembebanan horisontal 42
Gambar 4 - 19 Deformasi *head tube* pembebanan horisontal 42
Gambar 4 - 20 Tegangan maksimal *frame* pembebanan pedal 43
Gambar 4 - 21 *Safety factor frame* pembebanan pedal 43
Gambar 4 - 22 Tegangan maksimal *head tube* pembebanan pedal 43

Gambar 4 - 23 Deformasi *head tube* pembebanan pedal 44
Gambar 4 - 24 Pengujian jalan pertama 48
Gambar 4 - 25 Balok 48
Gambar 4 - 26 As roda 49
Gambar 4 - 27 *Stabilizer* 49
Gambar 4 - 28 Lem pada bagian *head tube* 49
Gambar 4 - 29 Pengujian jalan 50
Gambar 4 - 30 *Head tube* setelah diuji 51

DAFTAR NOTASI

SNI : Standar Nasional Indonesia

CEN : *The European Committee for Standardization*

Kg : Kilogram

Km : Kilometer

Cm : Sentimeter

MPa : Megapascal

Pa : Pascal

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sepeda adalah sebuah alat transportasi yang sering digunakan orang untuk berpindah dari suatu tempat ke tempat lainya. Sebelum adanya motor, mobil, dan pesawat, sepeda adalah alat transportasi yang paling sering digunakan karena sepeda dinilai lebih terjangkau dan hemat energi dibanding alat transportasi lainya pada saat itu.

Pada umumnya sepeda terdiri dari sepeda 2 roda dan 3 roda, sepeda biasanya digunakan oleh anak-anak hingga dewasa, sepeda juga digunakan untuk berpindah bahkan digunakan untuk mendaki gunung, *touring*, dan balap. Banyak jenis sepeda yang biasa digunakan seperti Sepeda *BMX*, Sepeda Gunung, Sepeda *Touring*, Sepeda *Fixie*, Sepeda Ontel, Sepeda Balap, dan Sepeda Lipat.

Pada musim COVID-19 mulai dari tahun 2020 awal hingga sekarang sepeda sangat digemari oleh banyak orang, hal ini disebabkan karena olahraga yang digunakan cenderung lebih ringan dan olahraga bersepeda bisa meningkatkan kesehatan dan kekebalan tubuh pada manusia sehingga meminimalisir terjangkit virus.

Sepeda yang digunakanpun bervariasi, salah satunya adalah sepeda onthel sepeda ontel sendiri adalah salah satu jenis sepeda tertua yang ada di indonesia, sebelum adanya sepeda yang bagus seperti sekarang ini. Umumnya sepeda yang ada tersusun dari beberapa bagian seperti *head tube*, stang, garpu, ban, *seat post*, *fork*, *stem*, dan rem. Sepeda yang ada biasanya memiliki bagian yang terbuat dari material seperti *aluminium*, *titanium*, dan *steel*.

Sepeda ontel atau sepeda jengki biasanya terbuat dari material besi maupun baja lalu penyambungannya menggunakan metode pengelasan listrik maupun pengelasan karbit dengan menggunakan kuningan.

Pada perancangan kali ini peneliti berinovasi membuat sambungan sepeda menggunakan metode *3D print* dengan perkuatan lapisan fiberglass, bahan komposit tersebut bertujuan meminimalisir terjadinya korosi pada sambungan

sepeda dan bentuk pada sambungan sepeda *3D print* dengan perkuatan lapisan *fiberglass* yang akan dibuat lebih *sporty* dan unik. Lalu hasil laminasi komposit tersebut rencananya akan digabungkan dengan perancangan pipa komposit perkuatan *fiberglass* yang akan dilakukan oleh peneliti selanjutnya.

Perancangan dan penelitian yang dilakukan pada pergantian setiap sambungan sepeda jengki diharapkan bisa menjadi terobosan baru pada sepeda jengki dengan menggunakan material yang berbeda sehingga nantinya bisa dikembangkan kembali.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah dijelaskan, timbulah rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengoptimasi desain sehingga bisa membuat sambungan *head tube* dengan menggunakan metode *composite 3D print* yang dilaminasi?
2. Bagaimana proses pembuatan prototipe *part* sepeda pada sambungan *head tube* dengan menggunakan metode *composite 3D print* yang dilaminasi*?*
3. Bagaimana ketahanan hasil *3d print* sambungan *head tube* setelah dilakukan uji jalan 1049:2008?

1.3 Batasan Masalah

Setelah rumusan masalah dibuat, maka batasan masalah yang dibahas pada tugas akhir ini adalah:

1. Pada penelitian ini menggunakan sepeda dengan jenis sepeda jengki.
2. Menggunakan material berbahan *PLA composite 3D print* laminasi.
3. Hanya membuat *part* sambungan pada bagian *head tube*.
4. Didesain menggunakan *software Solidwork* dan dianalisis menggunakan *software Ansys*.
5. Tidak melakukan perhitungan secara teoritis.
6. Hanya melakukan pengujian jalan SNI 1049:2008 untuk sepeda.

1.4 Tujuan Perancangan

Tujuan penelitian yang dibahas pada tugas akhir adalah:

1. Mengetahui proses pembuatan *part head tube* pada *frame* sepeda jengki menggunakan *3D Printer* yang di laminasi.
2. Mengoptimasi desain pada sepeda sehingga mengurangi sudut dari sambungan *part head tube*.
3. Mengetahui hasil pengujian jalan berdasarkan SNI 1049:2008.
4. Mengetahui hasil pengujian dari *part* sambungan *head tube* dengan menggunakan material komposit *3D print* laminasi.

1.5 Manfaat Perancangan

Setelah melakukan penelitian pada *head tube* didapatkan manfaat dari hasil perancangan sebagai berikut:

1. Memberikan inovasi terbaru terhadap pengembangan pada perancangan sepeda yang sudah ada.
2. Dapat mengetahui kekuatan sambungan *frame* menggunakan material *3D print* yang dilaminasi.
3. Data hasil penelitian dan perancangan bisa digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika pada laporan yang ditulis terdiri dari 5 bab berbeda, dimana isi setiap bab adalah sebagai berikut:

Bab 1 Pendahuluan

Bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika laporan.

Bab 2 Dasar Teori

Bab ini berisi tentang ilmu, tinjauan, dan kajian pustaka yang berkaitan dengan penelitian dan perancangan yang dilakukan.

Bab 3 Metode Perancangan

Bab ini berisi tentang proses perancangan, kriteria, serta alat dan bahan yang digunakan oleh peneliti untuk menunjang kegiatan proses perancangan pada tugas akhir.

Bab 4 Hasil Dan Pembahasan

Bab ini membahas hasil dari perancangan dan hasil analisis yang sudah dilakukan oleh peneliti.

Bab 5 Penutup

Bab 5 berisikan kesimpulan serta saran dari kegiatan perancangan dan penelitian yang dilakukan pada pembuatan sambungan *frame* sepeda jengki.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Pada penulisan laporan yang dibuat menggunakan bahan kajian pustaka dari penelitian yang diambil pada jurnal dan skripsi terdahulu yang bisa digunakan untuk mengetahui kekurangan dan kelebihan pada laporan terdahulu. Pada laporan ini membahas tentang perancangan bagian-bagian sepeda, terutama bagian *head tube* pada sepeda.

Sepeda adalah sebuah alat transportasi yang digunakan untuk berpindah dari suatu tempat ke tempat lainnya. Sepeda adalah salah satu alat transportasi ramah lingkungan. Pada umumnya sepeda terbuat dari besi, baja, dan bahan logam lainnya. Pada penelitian kali ini berisi tentang pengembangan bagian sepeda menggunakan *3D print* yang dilaminasi yang salah satu tujuan nya membuat inovasi baru pada perancangan sepeda komposit.

Penelitian terkait perancangan bagian *part* sepeda pada bagian *head tube.* Penelitian ini berisi tentang perancangan sambungan mulai dari tahap desain hingga pemodelan. Pada penelitian tersebut membahas salah satu *part* sambungan *frame* pada sepeda yaitu *head tube*. Pada penelitian ini dilakukan analisis CEN 14766 dan mengetahui bentuk geometri paling baik, dengan menggunakan *3D print*. Pada penelitian ini melakukan analisis dengan metode *topology optimization design*, lalu dilakukan pengujian statis dan *fatigue* menggunakan metode elemen hingga, namun pada penelitian tersebut hasil dari 3D print mengalami keretakan pada saat dilakukan pengujian jalan (Faisol, 2018). Pada dasar nya antara perancangan yang dilakukan oleh peneliti terdahulu terdapat kesamaan yaitu sama-sama membuat *part* sambungan *3D print*, dan melakukan analisis desain yang mengacu kepada standar CEN 14766 yaitu dengan pembebanan vertikal, horisontal, dan pedal. Akan tetapi pada perancangan kali ini menggunakan filamen yang berbeda, dan perancangan yang akan dilakukan disertai laminasi komposit dengan perkuatan lapisan fiberglass agar hasil lebih kuat dibandingkan penelitian sebelumnya.

Jurnal kedua membahas manfaat dari *3D print* pada pembuatan produk gaya hidup. Dari jurnal ini dapat disimpulkan bahwa *3D printing* bisa meminimalisir waktu, biaya serta menyederhanakan proses pembuatan menjadi lebih singkat. Namun *3D printing* juga memiliki kekurangan yaitu memiliki nilai kekuatan yang rendah dan dimensinya yang terbatas (Putra & Ds, 2018).

Penelitian lain terkait *3D printing* yang dijadikan acuan pada laporan ini (Adiluhung, 2018), menyatakan bahwa penyempurnaan bentuk, ketahanan material pada *dummy body part* kendaraan tempur menggunakan teknik *3D print* dan komposit, lalu didapatkan hasil uji coba dengan menggunakan bahan abs memiliki tingkat presisi dan detail yang relatif berbeda dengan hasil *molding* pabrik dan produksi massal.

Pada penelitian akan dilakukan proses laminasi komposit, yang menggunakan metode *hand lay-up* karena dinilai paling murah, kuat, dan praktis. Namun metode *hand lay-up* memiliki kekurangan dalam proses pembuatan yaitu waktu yang relatif lama dalam proses pembuatan produk (Mattews, 1994).

Kita sebagai mahasiswa harus memiliki sifat kreatif untuk mengembangkan banyak hal di sekitar kita, kreativitas sendiri adalah kemampuan yang dimiliki setiap orang untuk membuat ataupun mengembangkan suatu ide baru, berupa karya nyata yang relatif baru dari karya sebelumnya (Supriadi, 2000).

Melihat dari beberapa sumber dari skripsi maupun jurnal yang telah ada, penelitian yang akan dilakukan bertujuan untuk mengembangkan perancangan sambungan *part* sepeda *head tube* dengan menggunakan metode *3D print* dengan perkuatan lapisan *fibeglass* dengan metode *hand lay-up.*

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Pengertian Sepeda

Sepeda adalah salah satu alat transportasi yang digunakan untuk berpindah tempat dari suatu tempat ketempat lainya. Pada umumnya sepeda memiliki dua roda dan tiga roda. Sepeda sendiri adalah alat transportasi yang ramah lingkungan dan menyehatkan tubuh manusia. Ada banyak jenis sepeda yang umumnya sering digunakan, mulai dari sepeda *fixie*, sepeda gunung (MTB), sepeda lipat, dan sepeda

balap. Diantara sepeda diatas memiliki komponen-komponen dan dimensi yang relatif berbeda.

Jenis – jenis sepeda yaitu:

1. Sepeda *Fixie*

Sepeda *fixie* adalah sepeda yang umumnya memiliki ban yang tipis dibanding sepeda pada umumnya, dapat kita ketahui dari jenis nya *fixie*, *fix* yang artinya *gear* belakang sepeda *fixie* yang dibuat mati dan akan terus berputar mengikuti putaran ban. Sepeda ini banyak disukai untuk jalan perkotaan yang datar dan bisa menjadi salah satu solusi dari kemacetan.

2. Sepeda Gunung (MTB)

Sepeda Gunung adalah sepeda yang digunakan untuk medan yang lebih berat dibanding sepeda biasa, sepeda gunung biasanya memiliki ban seperti ban tahu agar tidak licin, dan memiliki gear lebih dari satu sehingga bisa diganti dari gigi berat ke ringan. Biasanya sepeda gunung memiliki kualitas komponen yang kuat dan tangguh.

3. Sepeda Lipat

Sepeda lipat adalah sepeda yang banyak digemari pada zaman sekarang, karena bentuknya yang simple serta kompatibel. Pada awal tahun 2020 sepeda ini mulai digemari banyak orang, dikarenakan orang orang ingin sepeda yang bisa dilipat dan mudah dibawa kemana-mana. Teknologi yang digunakan juga sudah canggih, dan sudah memiliki gigi sehingga bisa diatur ringan atau beratnya ketika dijalankan.

4. Sepeda Balap

Sepeda balap atau biasa disebut *road bike* adalah sepeda yang mempunyai bentuk yang aerodinamis, pada umumnya ban sepeda pada sepeda balap lebih tipis yang tujuannya adalah mengurangi hambatan dari angin agar melaju lebih cepat, lalu mempunyai bobot yang lebih ringan dibandingkan sepeda pada umumnya.

5. Sepeda Jengki

Sepeda jengki adalah sepeda yang digunakan dari tahun 1970 hingga sekarang, namun sudah jarang orang yang menggunakan sepeda ini, karena dinilai terlalu lawas, akan tetapi harga jualnya tinggi. Sepeda jengki adalah sepeda yang bentuknya cocok dengan ukuran badan orang indonesia.

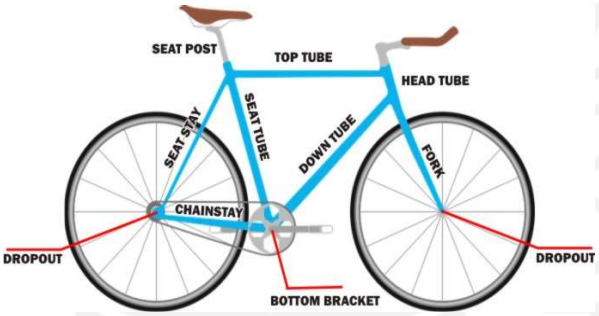
2.2.2 Bagian Sepeda

Sepeda adalah sebuah alat transportasi yang memiliki beberapa bagian seperti, *frame*, roda, stang, rem dan lainnya.

Frame adalah bagian utama pada sepeda, karena pada *frame* akan digabungkan beberapa *part* seperti roda, stang, dan *part* lainnya.

Frame sepeda pada umumnya terbuat dari besi, baja, karbon fiber, dan titanium. Bagian-bagian sepeda ditunjukan pada gambar 2 – 1.

Berikut pengertian dari bagian frame sepeda :



Gambar 2 - 1 Bagian *frame* sepeda

1. *Head Tube*

Head tube adalah bagian sepeda yang menghubungkan *fork* atau garpu sepeda dengan *frame*. Pada bagian atas dan bawah *head tube* terdapat *bearing* atau laker. *Bearing* merupakan benda yang digunakan untuk membantu kinerja pada alat transportasi seperti roda, *crankshaft*, dan lain-lain (Purwanto & Anto, 2009). *Bearing* sendiri berfungsi untuk memperkecil gesekan pada permukaan *fork* dengan *head tube* pada sepeda.

2. *Top Tube*

Top tube pada sepeda adalah pipa pada bagian atas sepeda yang menghubungkan bagian *head tube* dengan *seat tube*. Bentuk dari *top tube* menentukan jenis sepeda pada umumnya. Pada sepeda ontel bentuk sedikit melengkung, pada sepeda gunung bentuk nya lurus dan lebih kuat dalam menopang beban serta benturan.

3. *Down Tube*

Down tube adalah bagian sepeda yang menghubungkan *head tube* dengan *bottom bracket.*

4. *Seat Tube*

Seat tube merupakan bagian sepeda yang berfungsi sebagai dudukan bagi *seat post*, *seat tube* juga berperan sebagai penghubung antara *seat stay* dan *chain stay*.

5. *Bottom Bracket*

Bottom bracket merupakan bagian sepeda yang terletak pada bagian bawah *seat tube, bottom bracket* menghubungkan 3 bagian pada *frame* yaitu *chain stay, seat tube*, dan *down tube*.

6. Seat Stay

Seat stay adalah bagian pada belakang sepeda, yang berfungsi sebagai penopang *seat tube, chain stay,* dan ban belakang. Semakin panjang ukuran *seat stay* semakin stabil sepeda.

7. *Chain Stay*

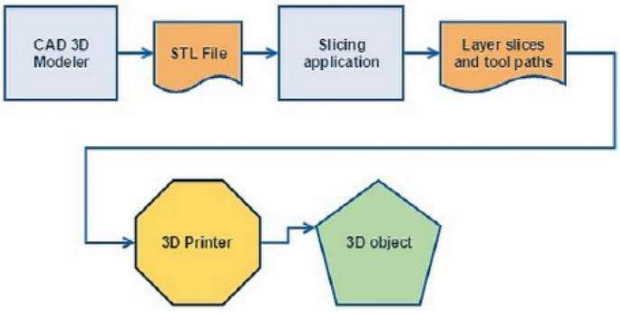
Chainstay adalah bagian sepeda yang menghubungkan *seat stay* dan *bottom bracket*.

8. *Dropout*

Drop out adalah bagian sepeda yang berfungsi sebagai dudukan roda pada sepeda, *drop out* menghubungkan 2 bagian sepeda yaitu, *seat stay* dan *chain stay*.

2.2.3 3D Print

3D print adalah proses pembuatan sebuah produk 3 dimensi, yang didesain terlebih dahulu produknya menggunakan *software* CAD, lalu di cetak menggunakan mesin menggunakan printer 3 dimensi. *3D print* suatu proses dimana materi bersatu dan dipadatkan dibawah kontrol untuk membuat objek tiga dimensi *layered manufacture* (Jacobs, 1992).



Gambar 2 - 2 Diagram alir proses *3D printing*

Sumber : (Hager & Putanowicz, 2016)

Umumnya mesin *3D printing* bisa mencetak model tiga dimensi, dan tidak memerlukan waktu yang lama, akan tetapi memiliki kekurangan, yaitu hanya bisa mencetak model dengan dimensi dan kekuatan terbatas (Putra & Ds, 2018).

Prinsip kerja dari mesin *3D printing* pada umumnya relatif mirip dengan printer pada umumnya. Ilustrasi proses *3D Printing* ditunjukan pada gambar 2 – 2. Cara kerja mesin *3D printing* yaitu :

1. Pemodelan tiga dimensi

   Objek yang ingin di print didesain terlebih dahulu dalam sebuah aplikasi khusus, aplikasi CAD baik *Inventor* maupun *Solidwork*.

2. Proses *printing*

   Lalu file yang sudah di desain di konversi dari file *.SLDPRT,* menjadi file *.STL,* setelah itu file *stl* dimasukan kedalam aplikasi dari mesin *3D print* yaitu *Flashprint* maupun *Cura* untuk menentukan spesifikasi pada produk yang akan di *print.* Lalu file yang sudah jadi, dimasukan ke mesin *3D printing*. Selanjutnya mesin akan menjalan kerja sesuai *coding* dari aplikasi untuk membentuk lapisan-lapisan agar membentuk objek tiga dimensi.

2.2.4 Mesin *3D Print*

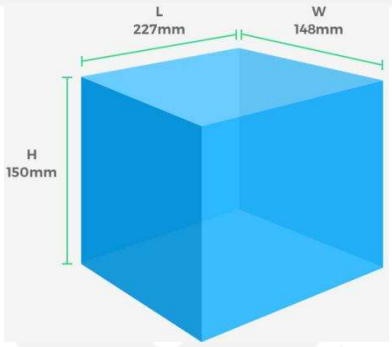
Flashforge Creator Pro ialah mesin *3D print* sederhana, berbasis *coding* atau *open source*. Mesin ini sangat cocok dengan filamen yang ada, karena bisa diatur sesuai spesifikasi filamen. Pada mesin ini terdapat 2 buah *extruder* sehingga bisa dilakukan percetakan ganda. Mesin *3D printer Flashforge* ditunjukan pada gambar 2 – 3.



Gambar 2 - 3 Flashforge Creator Pro

Sumber: www.flashforge.com

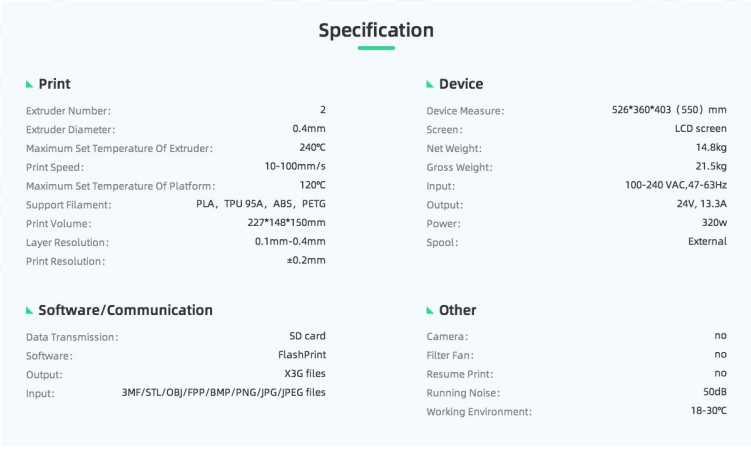
Bed atau *build plate* pada mesin ini terbuat dari aluminium dengan ketebalan 6,5 mm dan dilapisi oleh lapisan khusus untuk filamen. *Bed* pada mesin ini bisa dipanaskan sesuai ketentuan pada setiap filamen. Kapasitas kemampuan cetak pada mesin ini adalah 227 mm x 148 mm x 150 mm, dapat ditampilkan pada gambar 2– 4.



Gambar 2 - 4 Build volume flashforge

Sumber: www.flashforge.com

Kapasitas suhu maksimal ekstruder suhu *default* dari mesin ini mencapai 240℃ dan suhu maksimal *bed* atau *platform* nya mencapai 120 C. Filamen yang bisa digunakan pada mesin ini pada umumnya adalah PLA, ABS, PETG, dan TPU 95A. Sistem percetakan pada mesin ini adalah menggunakan data yang sudah di konversikan ke file *X3G* yang kemudian di transfer menggunakan *SD card*. Spesifikasi mesin *3D Printing Flashforge Creator Pro* dilihat pada gambar 2-5.



Specification

Print

Extruder Number:	2
Extruder Diameter:	0.4mm
Maximum Set Temperature Of Extruder:	240℃
Print Speed:	10-100mm/s
Maximum Set Temperature Of Platform:	120℃
Support Filament:	PLA, TPU 95A, ABS, PETG
Print Volume:	227*148*150mm
Layer Resolution:	0.1mm-0.4mm
Print Resolution:	±0.2mm

Device

Device Measure:	526*360*403 (550) mm
Screen:	LCD screen
Net Weight:	14.8kg
Gross Weight:	21.5kg
Input:	100-240 VAC,47-63Hz
Output:	24V, 13.3A
Power:	320w
Spool:	External

Software/Communication

Data Transmission:	SD card
Software:	FlashPrint
Output:	X3G files
Input:	3MF/STL/OBJ/FPP/BMP/PNG/JPG/JPEG files

Other

Camera:	no
Filter Fan:	no
Resume Print:	no
Running Noise:	50dB
Working Environment:	18-30℃

Gambar 2 - 5 Spesifikasi *Flashforge Creator Pro*

Sumber: www.flashforge.com

2.2.5 PLA

Filamen adalah suatu materi yang membentuk jaringan, pada penelitian kali ini filamen yang digunakan adalah PLA. PLA (*Poly Lactic Acid*) adalah polimer yang terbuat dari bahan-bahan yang dapat terurai, karena PLA mudah terbuat dari bahan yang mudah terurai sehingga ramah lingkungan. PLA juga lebih muda di cetak dibanding bahan filamen lain, karena PLA tidak perlu memerlukan suhu yang terlalu tinggi.



Gambar 2 - 6 Filamen PLA

Sumber: www.esun.com

2.2.6 Komposit

Pada umumnya komposit adalah suatu rekayasa material yang terdiri dari dua atau lebih jenis material yang memiliki sifat berbeda. Komposit adalah material yang kekuatannya bisa diatur dengan komposisi sesuai kebutuhan. Komposit memiliki sifat yang kuat, ringan, kaku, dan tahan korosi. Akan tetapi komposit memiliki kekurangan yaitu tidak tahan api, beban *shock*, dan *crash* (Mattews, 1994).

Material komposit memiliki kelebihan dan kekurangan (Nayiroh, 2013), dapat dilihat pada keterangan dibawah:

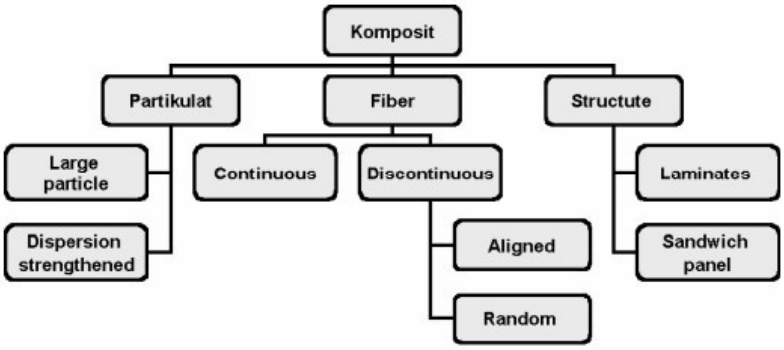
Kelebihan:

1. Massa jenis rendah.
2. Mudah dibentuk.
3. Ulet, tidak getas.
4. Kuat dan ringan.

Kekurangan:

1. Tidak tahan terhadap beban *shock* (kejut) dan *crash*.
2. Kurang elastis.
3. Sulit dibentuk secara plastis.

Umumnya komposit terbentuk dari dua atau lebih unsur yang berbeda. Komponen yang terdapat dalam komposit berupa anorganik dan metalik berbentuk serat, serpihan, partikel, serta lapisan. Dilihat dari pembentuk komposit, dapat dibedakan menjadi beberapa bagian, ditunjukan pada gambar 2-7.



Gambar 2 - 7 Komposit berdasarkan penguat

Sumber: (Nayiroh, 2013).

1. Partikulat

Partikel sebagai penguat, kekuatan yang dihasilkan seragam pada setiap sisi, sehingga bisa digunakan untuk menambah kekuatan dan kekerasan sebuah material.

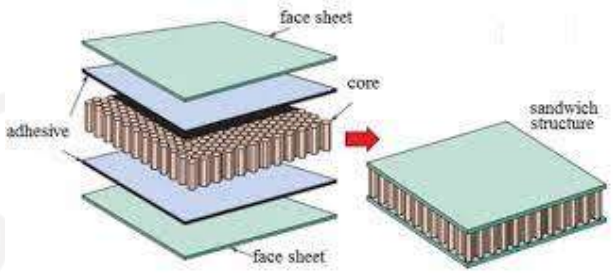
2. Fiber

Fiber sebagai penguat berfungsi sebagai penopang dari kekuatan yang dimiliki material komposit, dapat disimpulkan bahwa besar kecilnya kekuatan dari material komposit, sangat tergantung dari serat yang digunakan (Nayiroh, 2013).

3. Fiber sebagai struktural

Material komposit struktural dibentuk oleh *reinforce* berbentuk lembaran. Material komposit dibagi menjadi dua. Pertama, laminasi adalah gabungan dua atau lebih lembar komposit dengan arah serat tertentu. Komposit *sandwich* adalah komposit yang tersusun dari beberapa lapisan, yaitu kulit permukaan (*skin*), *core* (material utama). Lapisan *core* umumnya menggunakan bahan *Polyuretan* (PU),

Polyvynil Plorida (PVC), dan *Poneycomb*. Komposit *sandwich* memiliki sifat yang kuat untuk menahan beban impak, lentur, dan meredam getaran. Material ini sangat cocok untuk menahan beban struktur ringan dan kekuatan serta kekakuan yang tinggi. Struktur komposit *sandwich* bisa dilihat pada gambar 2-8.



Gambar 2 - 8 Struktur komposit *sandwich*
Sumber: (Nayiroh, 2013)

2.2.7 Fiberglass

Fiberglass atau biasa disebut serat kaca adalah sebuah bahan atau campuran bahan kimia yang bereaksi dan mengeras pada suatu campuran material komposit. *Fiberglass* lebih diuntungkan dibanding material lain seperti logam, *fiberglass* dinilai lebih ringan, mudah dibentuk, dan relatif murah. Di dalam dunia perindustrian *fiberglass* dianggap memiliki sifat yang memenuhi syarat untuk menjadi bahan industri, dikarenakan *fiberglass* memiliki nilai kekuatan yang relatif tinggi, elastis, tahan terhadap temperatur tinggi (Saleh, 2019). Kekuatan material komposit dipengaruhi oleh besar kecilnya serat *fiberglass*, semakin kecil diameter maka akan meminimalisir kecacatan, sehingga material semakin kuat (Sunardi et al., 2013).



Gambar 2 - 9 *Fiberglass*
Sumber: www.composite.com

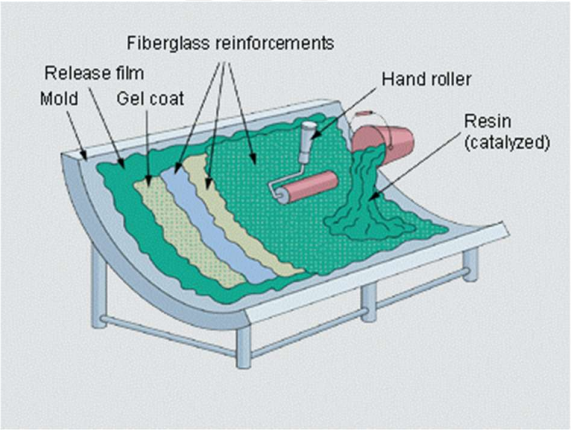
2.2.8 Resin

Resin adalah suatu cairan atau bahan kimia yang bentuknya tidak bisa didefinisikan, bentuk penyusun resin ialah bahan kimia kompleks. Sifat pada cairan resin keras dan kental, larut dalam senyawa organik (alkohol), dan serta daya serap air yang rendah (Rosarica, 2003). Sifat dari material resin ini dinilai cocok untuk menjadikan resin sebagai bahan pelapis dan bahan utama (Notohutomo & Christy, 2017).

2.2.9 Hand Lay-Up

Hand lay-up adalah metode yang paling sederhana, murah diantara metode lain untuk pembuatan material komposit, *hand lay-up* termasuk ke dalam pencetakan terbuka (*open mold process*). Dapat kita ketahui proses pembuatan komposit menggunakan metode *hand lay-up* yaitu dengan cara menuangkan campuran antara resin dan katalis, kedalam cetakan yang kemudian diratakan menggunakan kuas atau rol. Proses ini akan langsung berkontak dengan udara dan dilakukan pada suhu ruangan, dan dilakukan secara berulang-ulang agar ketebalan yang diinginkan terpenuhi (Nayiroh, 2013).

Pada metode ini umumnya material yang digunakan adalah resin atau matriks. *Hand lay-up* biasa digunakan pada tangki, *bathtub*, rumah. Metode *hand lay-up* dapat dilihat pada gambar 2-10.



Gambar 2 - 10 Metode *hand lay-up*

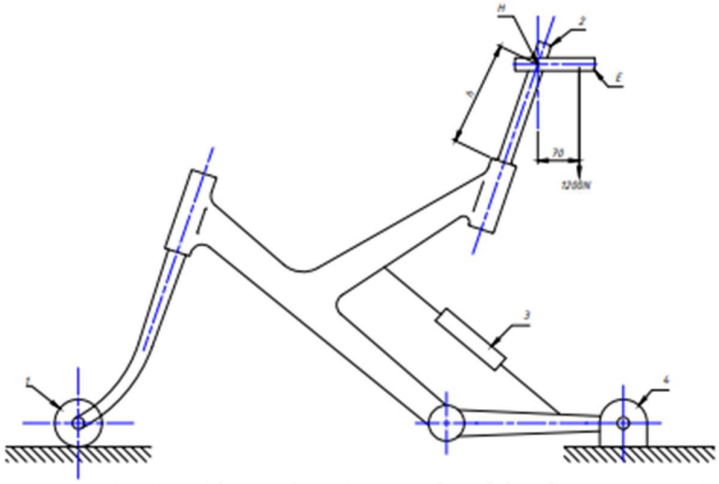
Sumber: (Nayiroh, 2013)

2.2.10 Standar Pengujian *CEN* 14766

Standar pengujian *CEN* 14766 merupakan standar resmi eropa untuk pengembangan produk termasuk sepeda. Pada dasarnya pengujian ini ditujukan untuk mengetahui ketahanan dan kekuatan dari sebuah komponen yang ada di sepeda, yang bertujuan agar sepeda yang digunakan bisa mempunyai waktu penggunaan yang relatif lama dan aman ketika digunakan. Pengujian CEN pada sepeda dibagi menjadi 3 jenis yaitu:

1. Analisis pembebanan vertikal.

Test pada *frame* sepeda yang dilakukan secara vertikal dengan memberikan beban pada *seat tube*, dan *fix* pada bagian *rearend*. Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui apakah *frame* kuat untuk menahan beban tertentu, dan mengetahui *frame* retak atau patah ketika diberi beban secara vertikal. Pengujian beban vertikal dapat dilihat pada gambar 2-11.

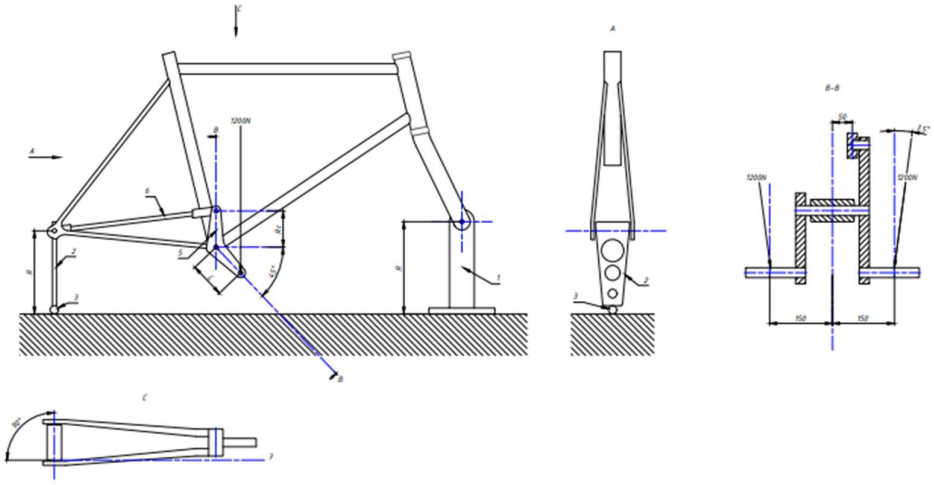


Gambar 2 - 11 Analisis pembebanan vertikal

Sumber: www.Standarpengujiancen.com

2. Analisis pembebanan pedal

Pada pengujian ini *frame* akan diberi gaya tekan pada pedal, bertujuan untuk mengetahui apakah *frame* tersebut bisa menahan beban diberikan. Pengujian pembebanan pedal dapat dilihat pada gambar 2- 12.

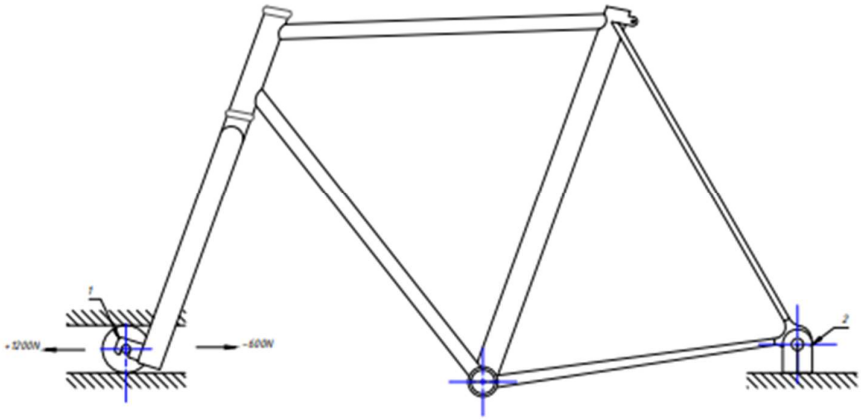


Gambar 2 - 12 Analisis pembebanan pedal

Sumber: www.Standarpengujiancen.com

3. Analisis pembebanan horisontal

Pada pengujian ini *frame* diberikan gaya arah horisontal pada bagian garpu (*fork*), dan *fix* pada bagian *rearend*.



Gambar 2 - 13 Analisis pembebanan horisontal

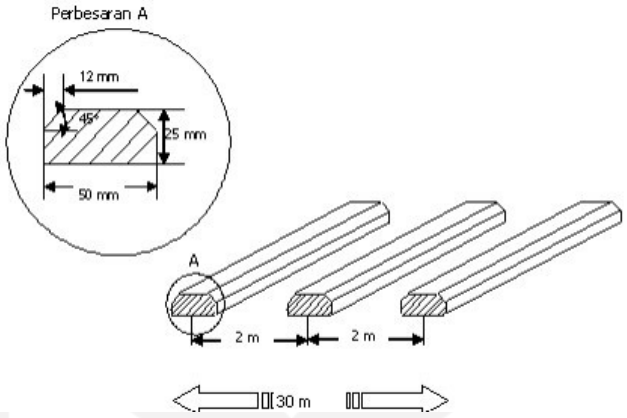
Sumber: www.Standarpengujiancen.com

2.2.11 Uji Jalan SNI 1049:2008

Pengujian jalan adalah batasan persyaratan keselamatan untuk desain, perakitan, dan pengujian pada sepeda. Pengujian yang dilakukan yaitu mengendarai sepeda dengan beberapa parameter. Adapun sepeda yang diuji adalah sepeda dengan standar sepeda roda dua yang memenuhi syarat berikut.

1. Mempunyai ketinggian sadel yang pada posisi tertinggi 635 mm atau lebih.
2. Dipergunakan dijalan raya.

Pada pengujian ini sepeda wajib dikendarai minimal dengan jarak 1 km, lalu melewati lintasan balok kayu dengan ukuran lebar 50 mm, tinggi 25 mm dan chamfer 12 mm dengan sudut 45 derajat pada ujung balok, sebanyak lima kali pengulangan. Perletakan balok diletakkan sejauh 2 meter antar balok dengan jarak lintasan 30 m (BSNI, 2008). Pengujian selanjutnya yaitu sepeda diuji dengan melaju dengan kecepatan konstan tidak kurang dari 22 km/jam.



Gambar 2 - 14 Uji jalan SNI 1049:2008

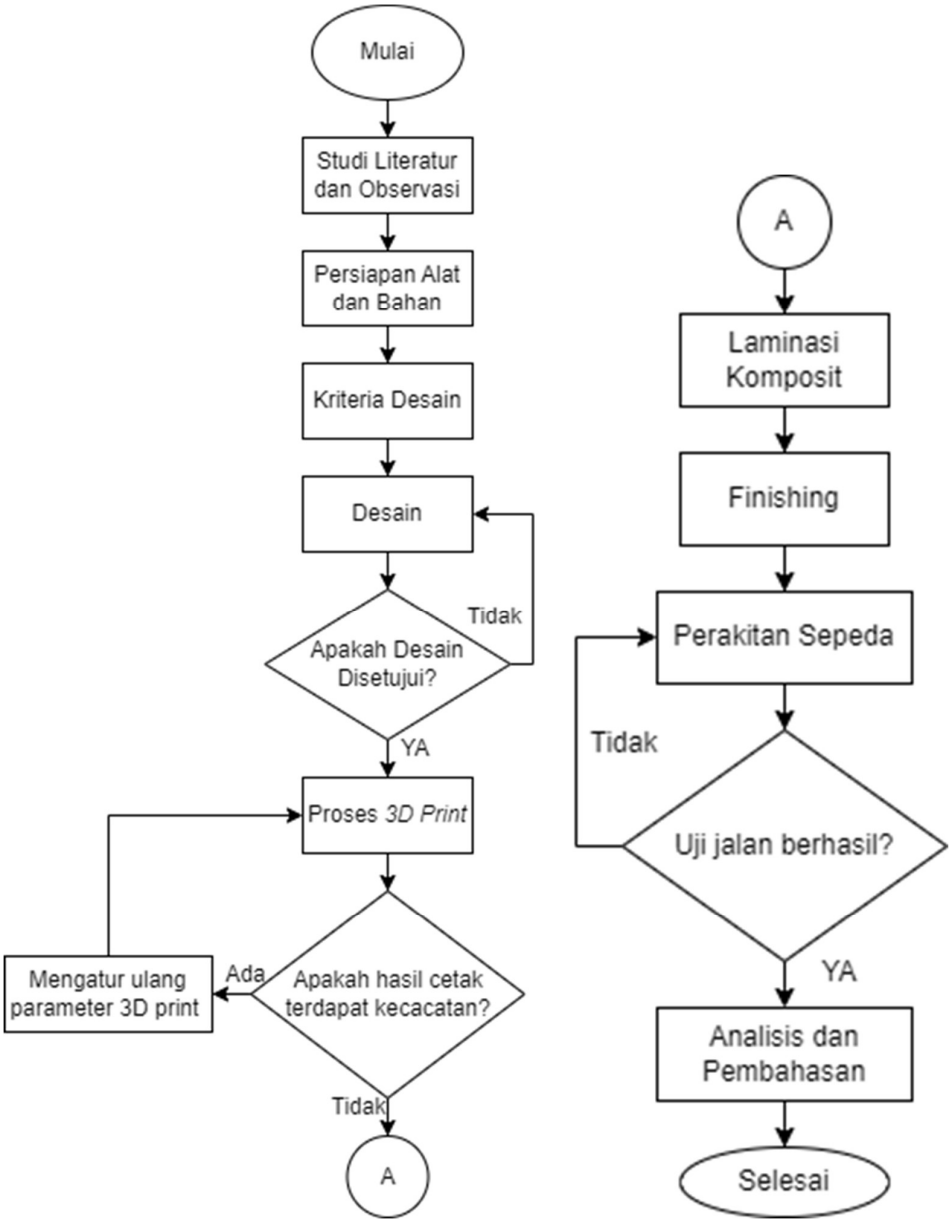
Sumber: Badan Standar Nasional Indonesia (BSNI).

Sepeda yang diuji harus dalam keadaan stabil dalam melaju lurus maupun dalam keadaan berbelok. Memungkinkan pengemudi mengendarai dengan satu tangan, dan tidak membahayakan diri pengemudi.

Apabila sudah diuji, semua komponen dan mekanisme pada sepeda tidak boleh ada yang rusak, kendor maupun lepas pada bagian tertentu, serta tidak ada perubahan penyetelan.

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1 Alur Perancangan



Gambar 3 - 1 Diagram alur perancangan

3.2 Kriteria Desain

Ketika ingin melakukan sebuah perancangan, dilakukan penentuan kriteria desain yang dibutuhkan untuk sepeda yang ingin dirancang. Kriteria yang akan dijadikan acuan untuk pembuatan sambungan sepeda yang dilaminasi. Berikut adalah kriteria desain yang dibuat agar perancangan produk sesuai harapan.

1. Sepeda bisa menahan beban seberat 80 Kg.
2. Sepeda menggunakan pipa asli dari sepeda jengki.
3. Sambungan menggunakan bahan PLA yang dilaminasi dengan perkuatan *fiberglass*.

3.3 Peralatan dan Bahan

Pada perancangan kali ini membutuhkan alat dan bahan, dimana alat dan bahan berguna untuk menunjang proses perancangan agar berjalan dengan lancar.

3.3.1 Peralatan

1. Laptop

Untuk menyelesaikan tugas akhir, laptop adalah salah satu alat atau *device* yang memiliki peranan cukup banyak dalam menyelesaikan tugas akhir. Salah satu fungsi laptop sendiri yaitu berfungsi untuk mendesain ataupun merancang bagian - bagian pada *frame* sepeda. Laptop yang digunakan adalah laptop dengan jenis Acer *Nitro-5* dengan seri *AN515-51*. Laptop dapat dilihat pada gambar 3 – 2.



Gambar 3 – 2 Laptop Acer *Nitro-5 AN515-51*

2. *Software Design* 3D

Pada tugas akhir ini, menggunakan *Software* CAD untuk membantu proses desain 3D adalah *Solidwork* 2018. *Software* digunakan untuk membantu desain pemodelan pada *frame* sepeda serta bagian sepeda. *Software solidwork* 2018 dapat dilihat pada gambar 3 – 3.



Gambar 3 - 3 *Software Solidwork* 2018

3. *Sofrware Ansys 2021*

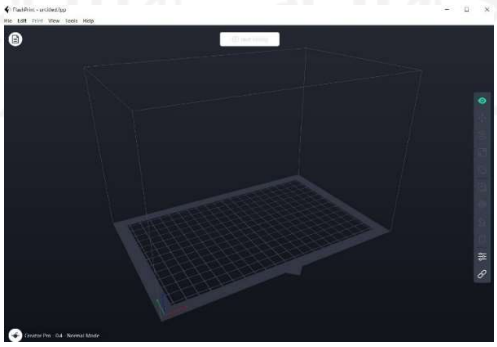
Pada tugas akhir ini, menggunakan *Software* CAD ansys 2021 untuk proses analisis. Software ansys 2021 dapat dilihat pada gambar 3 - 4 dibawah ini.



Gambar 3 - 4 *Software Ansy*s 2021

4. *Software Flashprint* 5

Untuk mencetak hasil *3D printing* dibutuhkan *software* bantuan. *Software* yang digunakan adalah software *flashprint 5*. *Software* ini berfungsi untuk memberikan program pada mesin *3D printing*, program yang dibutuhkan berupa *G-code*. Sebelum melakukan pencetakan pada hasil 3D dibutuhkan sebuah *settingan* ataupun mengatur parameter pada objek *print* sesuai kebutuhan pada saat proses pencetakan hasil *3D print*. *Software Flashprint* dapat dilihat pada gambar 3-5.



Gambar 3 - 5 *Flashprint 5*

5. Mesin 3D *Printing*

Pada penelitian kali ini mesin *3D printing* yang digunakan adalah mesin *Flashforge Creator Pro.* Mesin *3D print* yang disediakan oleh kampus yang dilengkapi dua *extruder* dan memiliki kapasitas dimensi pencetakan dengan ukuran 227 mm x 148 mm x 150 mm. Mesin yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3–6.



Gambar 3 - 6 Mesin *3D print Flashforge Creator Pro*

6. Jangka Sorong

Jangka sorong merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur diameter *frame* pada sepeda. Jangka sorong yang digunakan adalah merek *Mitutoyo* dan *Xptool* dengan ketelitian 0,02 mm dan 0,05 mm. Jangka sorong yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3 – 7.



Gambar 3 - 7 Jangka sorong

7. *Tool Set*

Tool set yang digunakan ada beberapa jenis, *toolset* sendiri berguna ketika memasang *part* sepeda seperti roda, stang, standar, dan *bottom bracket*. *Toolset*

yang digunakan yaitu kunci ringpas (8, 10, 12), obeng, kunci L, dan kunci T. Kunci *toolset* dapat dilihat pada Gambar 3-8.



Gambar 3 - 8 *Toolset*

8. Gerinda

Gerinda adalah alat bantu yang mempunyai daya berasal dari listrik. Gerinda sendiri adalah alat multifungsi, gerinda bisa berfungsi sebagai alat potong, maupun alat untuk menghalus kan bagian-bagian yang belum rata maupun tajam. Mata gerinda pada umumnya terdapat 2 jenis, yaitu mata gerinda yang digunakan untuk memotong dan menghaluskan. Gerinda dapat dilihat pada Gambar 3 – 9.



Gambar 3 - 9 Gerinda

9. Ragum

Ragum adalah salah satu alat bantu untuk proses penghalusan bahan. Ragum berfungsi sebagai penjepit pada benda yang ingin dipotong maupun dihaluskan. Ragum ditampilkan pada Gambar 3 – 10.



Gambar 3 - 10 Ragum

10. Kikir

Kikir adalah alat bantu penghalus benda yang ingin kita gunakan, akan tetapi kikir digunakan secara manual. Kikir berfungsi untuk menghaluskan sisi pada *head tube* dilaminasi yang bagiannya tidak bisa dijangkau oleh gerinda. Kikir bisa dilihat pada gambar 3 -11.



Gambar 3 - 11 Kikir

11. Amplas

Amplas adalah suatu alat kerja atau alat bantu yang terbuat dari kertas yang permukaannya terdapat butiran seperti pasir. Amplas berfungsi sebagai penghalus permukaan pada *head tube.* Pada umumnya amplas memiliki nomor untuk menentukan nilai kekasaran, pada amplas semakin tinggi angka pada amplas maka akan semakin halus amplas. Amplas dapat dilihat pada Gambar 3 – 12.



Gambar 3 - 12 Amplas

3.3.2 Bahan

1. *Poly lactic acid* (PLA)

PLA adalah bahan yang digunakan untuk pencetakan *head tube*. PLA terbuat dari bahan yang dapat terurai sehingga PLA adalah salah satu bahan ramah lingkungan. Keuntungan dari PLA adalah ketika melakukan pencetakan 3 dimensi, lebih mudah membuat parameternya sehingga tidak memerlukan suhu yang terlalu tinggi. PLA bisa dilihat pada Gambar 3 – 13.



Gambar 3 - 13 PLA

2. *Fiberglass*

Fiberglass atau serat kaca adalah sebuah bahan atau campuran kimia yang bereaksi dan mengeras terhadap campuran bahan kimia. Komposit memiliki keuntungan yaitu ringan serta kuat. *Fiberglass* dinilai baik karena memiliki nilai kekuatan yang relatif tinggi, elastis, dan tahan terhadap temperatur tinggi (Sunardi et al., 2013). *Fiberglass* dapat dilihat pada Gambar 3 – 14.



Gambar 3 - 14 *Fiberglass*

3. Resin

Resin adalah salah satu bahan dari campuran untuk *fiberglass*. Sifat dari material resin ini dinilai cocok untuk menjadikan resin sebagai bahan pelapis dan bahan utama. Resin bisa dilihat pada gambar 3 – 15.



Gambar 3 - 15 Resin

4. Katalis

Katalis adalah bahan kimia yang berfungsi sebagai pengeras pada *fiberglass.* Katalis akan dicampur dengan resin agar resin bisa mengeras. Katalis ditampilkan pada gambar 3 – 16.



Gambar 3 - 16 Katalis

5. Lem *epoxy*

Lem *epoxy* adalah lem yang berfungsi untuk merekatkan *head tube* dan pipa pada sepeda. Lem epoxy adalah lem yang tercampur dari 2 komponen utama, yaitu resin *epoxy* dan *hardener* sebagai katalis. Lem *epoxy* dapat dilihat pada Gambar 3-17.



Gambar 3 - 17 Lem epoxy

3.4 Perancangan

Perancangan adalah proses pembuatan produk dari awal hingga produk jadi, yang diawali dengan menghitung diameter pada setiap pipa sepeda, hingga proses *assembly* sepeda.

3.4.1 Pengukuran *Frame* Sepeda

1. Proses pembersihan pada *frame.*

Proses pembersihan pada *frame* sepeda menggunakan *color removing*, sehingga bekas cat pada sepeda mudah mengelupas. Proses pembersihan cat dapat dilihat pada gambar 3 – 18.



Gambar 3 - 18 Proses pembersihan cat

2. Proses pengukuran *frame* dan sambungan.

Lalu dilanjutkan ke proses pengukuran bagian-bagian *frame* pada proses ini menggunakan jangka sorong sebagai alat ukur, serta penggaris panjang. Pengukuran bagian – bagian *frame* sepeda berfungsi untuk mengetahui ukuran pada setiap sambungan. Proses pengukuran ditampilkan pada gambar 3 - 19.

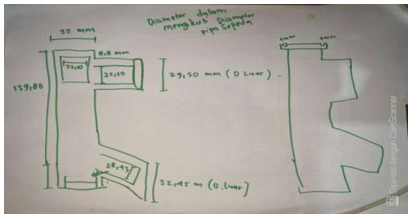


Gambar 3 - 19 Proses pengukuran pipa *frame*

3.4.2 Proses Desain

Pada saat melakukan perancangan, hal pertama yang dilakukan adalah perancangan desain, sebelum melakukan perancangan desain, ada tahapan-tahapan desain adalah sebagai berikut:

1. Membuat gambar sketsa. Sketsa gambar dapat dilihat pada gambar 3 – 20.



Gambar 3 - 20 Sketsa desain

2. Membuat desain menggunakan *software solidwork* 2018.
3. Menggabungkan antar *part* sambungan.
4. Menganalisis hasil *assembly*.

3.4.3 Proses Analisis

Setelah melakukan proses desain, selanjutnya melakukan proses analisis. Pada proses analisis ada beberapa hal yang perlu diperhatikan seperti beban, tumpuhan, dan material. Yang tujuan nya untuk menunjang proses analisis desain.

1. Material

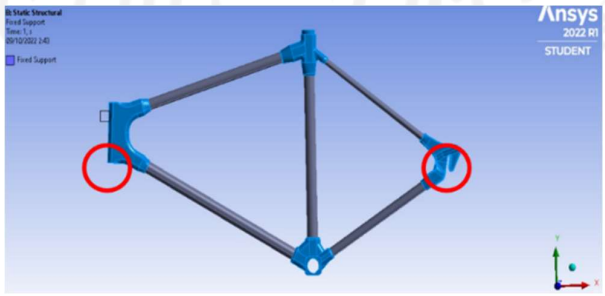
Pada desain untuk material yang digunakan adalah berbahan PLA (P*oly Lactid Acid*) untuk bagian sambungan dan *structural steel* untuk bagian pipa. Untuk tegangan luluh pada material dapat dilihat pada tabel 3 – 1.

Tabel 3 - 1 Material

Material	Yield stenght
PLA	61,93 Mpa
Structural Steel	250 Mpa

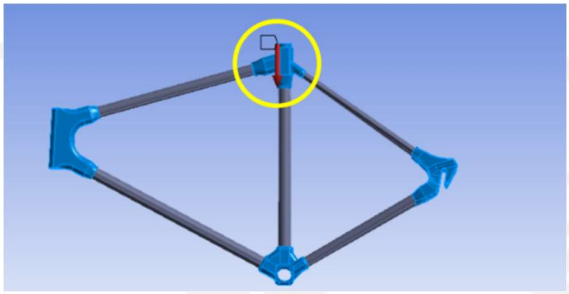
2. *Fix* dan *Force*

Fixture atau tumpuhan adalah sebuah bagian yang tetap atau tidak bergerak selama dilakukan proses simulasi analisis dilakukan. Pada proses perancangan *fix* dapat dilihat pada gambar 3 – 21.



Gambar 3 - 21 *Fix* pada *frame*

Force atau beban adalah sebuah bagian atau titik yang akan diberi sebuah gaya. Pada *frame* gaya yang akan diberikan adalah sebesar 800 N berdasarkan standar uji jalan SNI 1049:2008, namun beban yang diberikan adalah 1.200 N, agar mengetahui kemampuan maksimal *frame* ketika dianalisis. Distribusi gaya dapat dilihat pada gambar 3 – 22.



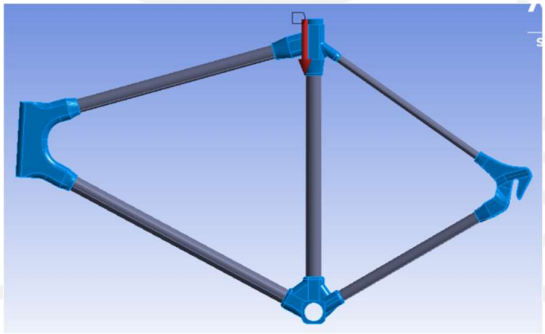
Gambar 3 - 22 *Force*

3.4.3.1 Standar pengujian CEN 14766

Pada pengujian CEN 14766 dilakukan analisis pada *frame* sebagai berikut.

1. Analisis CEN 14766 pembebanan vertikal.

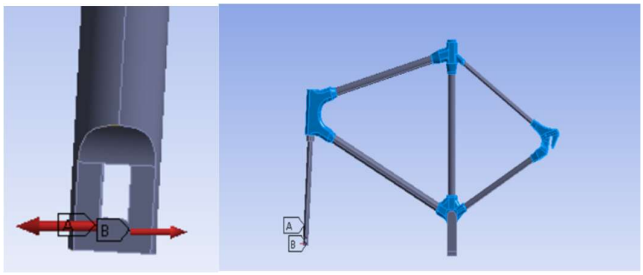
Pada analisis uji CEN 14766 pembebanan vertikal diberikan beban sebesar 1.200 N secara vertikal, untuk distribusi beban dapat kita lihat pada gambar 3 – 23.



Gambar 3 - 23 Pembebanan vertikal

2. Analisis CEN 14766 pembebanan horisontal.

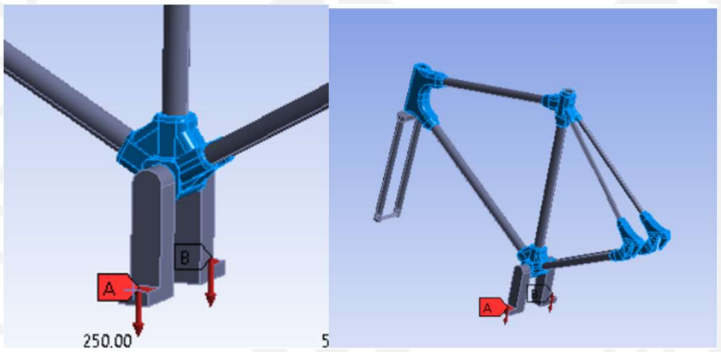
Pada analisis CEN 14766 pembebanan horisontal diberikan beban sebesar 1.200 N pada titik a dan 600 N pada titik b, untuk distribusi beban dapat kita lihat pada gambar 3 – 24.



Gambar 3 - 24 Pembebanan horisontal

3. Analisis CEN 14766 pembebanan pedal.

Pada analis CEN 14766 pembebanan pedal diberikan beban sebesar 1.200 N dikedua pedal kanan dan kiri. Distribusi pembebanan dapat dilihat pada gambar 3 – 25.



Gambar 3 - 25 Pembebanan pedal

3.4.4 Proses Produksi 3*D Print*

Produksi *3D Print* adalah tahap selanjutnya dari tahap analisis, setelah desain dan analisis disetujui oleh dosen pembimbing. Hal yang dilakukan pada proses *3D print* adalah menentukan parameter sesuai kebutuhan. Tahapan-tahapan pencetakan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan persiapan pada desain *head tube*.
2. Mengatur posisi pada *3D print* agar bisa menyesuaikan mesin.
3. Mengatur *infill* atau tingkat kerapatan pada *head tube*.
4. Mengatur suhu pada *nozzle right extruder* sebesar 60 derajat celcius.
5. Mengatur suhu pada bed sebesar 60 derajat celcius.
6. Menentukan arah *print pattern* yaitu *line*.
7. Melakukan *slicing* dan mendapatkan estimasi *print head tub*e.
8. Melepaskan hasil *print* pada *bed*.
9. Membersihkan produk dari *support* yang menempel.

3.4.5 Proses Laminasi 3*D Print*.

Pada saat melakukan pembuatan produk komposit, dibuat dengan menggunakan metode *hand lay-up*. Tahapan-tahapan pembuatan produk komposit sebagai berikut.

1. Membuat pola pada setiap bagian 3D *print head tube* menggunakan kertas. hal ini berfungsi untuk memudahkan saat pemotongan *fiberglass*.
2. Melakukan pemotongan *fiberglass* sesuai pola yang sudah di potong.
3. Melakukan proses pencampuran resin dan katalis yang sudah disesuaikan.
4. Proses pembuatan komposit.

Pada saat proses pembuatan produk hal yang pertama dilakukan adalah melakukan pengolesan resin pada *part* sambungan 3D *print* dengan menggunakan kuas hingga merata. Setelah itu meletakan *fiberglass* yang sudah di potong sesuai bagian diatas resin yang sudah dioleskan dengan kuas hingga merata. Melakukan pengolesan kembali resin pada *fiberglass* secara merata, dan tunggu hingga resin yang dioleskan mengering.

5. Proses *finishing*

Pada tahap proses finishing merupakan tahap akhir sebelum dilakukan proses *assembly*, yaitu dengan cara mengahaluskan bagian-bagian yang tajam dan kurang merata pada *head tube.*

3.4.6 Proses Perakitan

Setelah semua *part* sambungan sepeda sudah di *print* dan laminasi akan dilakukan proses perakitan *frame*.

1. Melakukan penghalusan pada setiap ujung pipa.
2. Melakukan pencampuran lem *epoxy*.
3. Merekatkan setiap sambungan pada pipa yang sudah dihaluskan.
4. Setelah seluruh sambungan direkatkan, maka menunggu proses pengeringan lem selama 24 jam.
5. Setelah lem mengering, dilakukan *assembly part* sepeda seperti roda, *fork*, tempat duduk, *gear*, rantai, dan rem.

3.5 Pengujian *frame*

Pada pengujian *frame* dilakukan pengujian jalan SNI 1049:2008. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan *frame* untuk menahan beban yang sudah desesuaikan menurut SNI 1049:2008. Berikut adalah tahapan-tahapan proses pengujian *frame*.

3.5.1 Uji jalan sepeda SNI 1049:2008

Uji jalan sepeda adalah pengujian yang dilakukan pada sepeda agar mengetahui apakah sepeda aman untuk digunakan atau tidak aman. Sebelum melakukan pengujian, ada beberapa hal yang harus disiapkan diantaranya balok yang sudah disesuaikan menurut uji jalan SNI 1049:2008. Balok dapat dilihat pada gambar 3 - 26. Untuk menentukan uji jalan terdapat beberapa parameter utama yaitu:

1. Sepeda mampu dikendarai sepanjang 1 km.
2. Sepeda mampu dikendarai konstan dengan kecepatan minimal 22km/jam.
3. Sepeda mampu dikendarai dengan 1 tangan dengan stabil.
4. Sepeda mampu melewati balok kayu dengan panjang lintasan 30 m dan jarak antar balok 2m, serta jumlah balok sebanyak 15 buah.



Gambar 3 - 26 Balok kayu

Setelah mempersiapkan balok, selanjutnya menyiapkan lintasan yang akan di ujikan. Langkah-langkahnya sebagai berikut.

1. Mengukur jarak antar balok sejauh 2 meter.
2. Meletakan balok sebanyak 15 buah dengan jarak lintasan 30 meter.
3. Mengendarai sepeda dengan melewati lintasan balok sebanyak 3 kali.
4. Mengecek kembali apakah terjadi keretakan pada setiap sambungan.

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

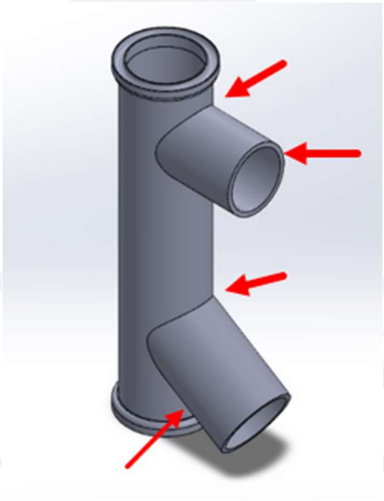
4.1 Hasil Perancangan

Setelah dilakukan proses perancangan didapatkan hasil dari perancangan sambungan *head tube* yang diawali dari desain, analisis desain, proses pencetakan, proses laminasi, proses perakitan, dan uji jalan sepeda.

4.1.1 Hasil Desain

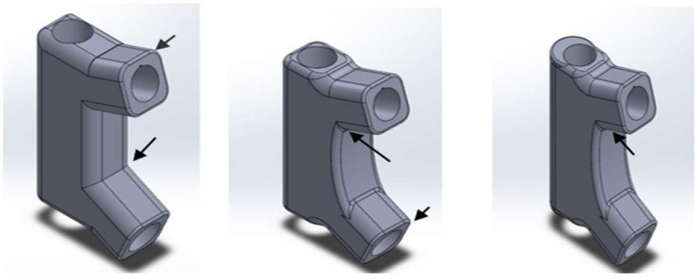
Pada saat melakukan perancangan, hal pertama yang dilakukan adalah mendesain, sebelum melakukan perancangan desain ada beberapa tahapan seperti melakukan pengukuran dimensi pada *frame* sepeda. Setelah melakukan pengukuran, dilakukan penggambaran sketsa kasar pada kertas agar bisa menjadi acuan, selanjutnya baru menggambar di *software solidwork*.

Pada proses desain menggunakan *software solidwork* 2018, dan melewati beberapa perbaikan desain agar desain yang digunakan menjadi lebih baik dari desain sebelumnya. Desain pertama dapat dilihat pada gambar 4 – 1.



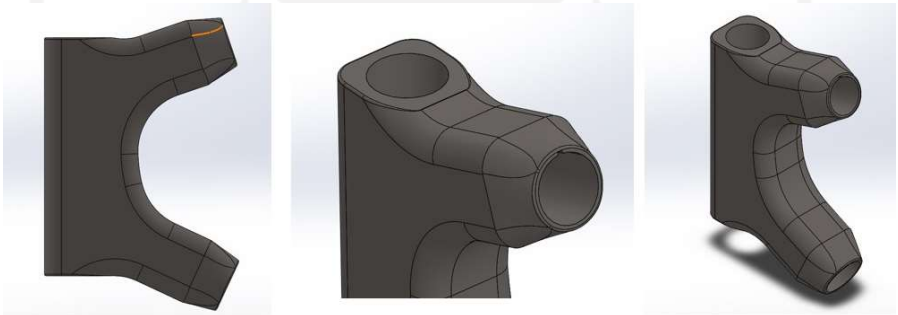
Gambar 4 - 1 Desain pertama

Pada desain pertama masih terdapat banyak sudut, sehingga menyulitkan pada proses laminasi *fiberglass*, lalu dilakukan revisi desain dengan menambah *fillet* pada sudut sudut yang sulit dijangkau oleh *fiberglass*. Desain yang sudah direvisi dapat dilihat pada gambar 4 - 2.



Gambar 4 - 2 Desain kedua

Setelah melakukan revisi pada desain, ternyata pada desain kedua masih terdapat beberapa sudut yang menyulitkan proses pelapisan *fiberglass*, sehingga dilakukan revisi untuk desain yang ketiga. Pada desain ketiga *part head tube* dibuat lebih bulat dan meminimalisir sudut pada setiap sisi. Sehingga mempermudah saat dilakukan laminasi *fiberglass*. Desain ketiga dapat dilihat pada gambar 4 - 3.



Gambar 4 - 3 Desain ketiga

4.1.2 Hasil cetak *3D print.*

Sebelum melakukan pencetakan *3D print*, dilakukan pemilihan material yang tepat, serta melakukan *trial and error* agar didapatkan parameter yang paling cocok untuk proses pencetakan. Proses pemilihan yang dilakukan pertama kali yaitu menentukan pemilihan material antara ABS dan PLA.

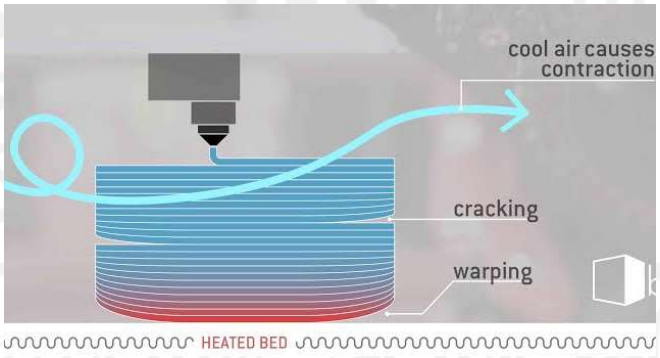
Dimana dilakukan beberapa kali percobaan pada saat melakukan pencetakan menggunakan material ABS. Hasil *print* ABS dapat kita lihat pada gambar 4 - 4 dibawah ini. Dengan menggunakan parameter sesuai spesifikasi material pada ABS yaitu dengan suhu *bed* 110 derajat *celcius* dan suhu pada *extruder* yaitu 240 derajat *celcius*.



Gambar 4 - 4 *Cracking* pada *Head tube*

Pada pencetakan pertama kali menggunakan material ABS hasil yang didapat ternyata gagal akibat suhu yang kurang stabil disekitar ruang *3D print*, sehingga dilakukan pencetakan ulang, namun pada pencetakan kedua terdapat cracking pada sisi didekat lobang headtube, dan dilakukan percobaan ketiga. Didapatkan bahwa pada pencetakan ketiga, terdapat *cracking* pada sisi samping *head tube.*

Dari proses percobaan pencetakan menggunakan material ABS terjadi kegagalan pada material ABS yaitu *cracking. Cracking* adalah keretakan pada *part head tube* yang dapat dilihat pada gambar 4 – 4, dikarenakan suhu ruangan yang kurang stabil. Ilustrasi penyebab *cracking* dapat dilihat pada gambar 4 – 5.



Gambar 4 - 5 Ilustrasi penyebab *cracking* dan *wraping*

Dari ilustrasi diatas dapat kita pahami bahwa penyebab *cracking* dan *warping* adalah suhu sekitar yang kurang stabil dan menyebabkan kegagalan pada saat proses *printing.* Dikarenakan udara yang melewati material tersebut menyebabkan pengeringan material yang *relative* cepat pada material ABS dan pada saat proses *print* menyebabkan material tersebut sukar untuk merekat sehingga terjadila *cracking*. Lalu solusi dari cracking adalah melakukan

penambahan *enclosure* pada 3D print, namun memerlukan biaya yang tinggi untuk membuat ataupun membeli *enclosure* tersebut.

Karena penggunaan ABS yang lebih rumit pada saat proses pencetakan, pada perancangan ini, mempertimbangkan pemilihan material PLA sebagai pengganti ABS. Material PLA dinilai lebih mudah dilakukan proses pencetakan dibandingkan ABS, dilihat dari datasheet bahwa nilai *tensile strenght* pada PLA dinilai lebih baik dari pada ABS, pada PLA mempunyai nilai *tensile strenght* sebesar 65 MPa sedangkan pada ABS mempunyai *tensile strenght* sebesar 40 MPa. Lalu pada material abs mempunyai sifat lebih getas sehingga salah satu penyebab terjadinya *cracking* pada material tersebut. Dari sisi harga PLA dinilai lebih murah dibandingkan ABS. Sehingga dari pertimbangan diatas pada perancangan ini, memilih PLA sebagai material sambungan *head tube.*

Pada proses pencetakan 3D *print* sambungan *head tube* sepeda menggunakan PLA dengan parameter pada tabel 4 – 1, dibutuhkan waktu selama 10 jam 50 menit dan mendapatkan massa sebesar 206 gram. Dari hasil pencetakan material PLA hanya melakukan 1 kali percobaan dan mendapatkan hasil yang jauh lebih baik dibandingkan material ABS. Pembuatan sambungan *head tube* sepeda 3D *print* dilakukan dikampus Universitas Islam Indonesia di lab 3D *print*. Hasil *print* dapat dilihat pada gambar 4 – 6.

Tabel 4 - 1 Parameter *3D print*

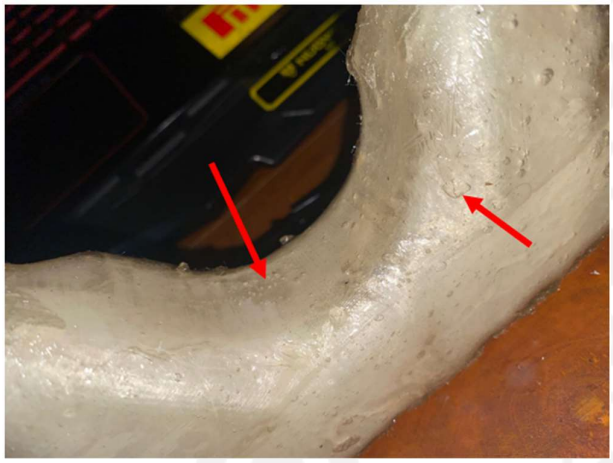
No	Parameter	Keterangan
1	*Infill*	100%
2	*Fill pattern*	*Line*
3	*Right extruder temperature*	200ºC
4	*Bed temperature*	60ºC



Gambar 4 - 6 Hasil *3D print*

4.1.3 Hasil 3D *print* yang dilaminasi

Untuk tahap selanjutnya setelah melakukan proses pencetakan *3D print*, dilakukan proses laminasi pada *part head tube*. Hal ini dilakukan guna menambah kekuatan pada hasil *3D print* agar bisa menahan berat yang dibutuhkan dalam pengujian. Sebelum melakukan laminasi dilakukan pemotongan pola pada kertas menyesuaikan sisi pada *part head tube* agar menyesuaikan bentuk pada *part* sambungan, selanjutnya melakukan pemotongan *fiberglass* sesuai pola yang sudah dibuat. Apabila pola sudah dibentuk maka tahap selanjutnya melakukan proses penempelan pada *3D Print* untuk perkuatan sebanyak 1 lapis *fiberglass* serat acak. Dengan waktu yang dibutuhkan untuk pengeringan hasil laminasi *fiberglass* agar maksimal dilakukan selama 2 hari. Hasil dari laminasi *3D print* ditampilkan pada gambar 4 - 7 dan gambar 4 - 8.



Gambar 4 - 7 Gelumbung udara pada *head tube*

Pada *head tube* terdapat beberapa bagian yang sisinya berisi gelembung udara hal ini disebabkan pada saat pengolesan resin kurang perlakuan penekanan pada bagian tersebut sehingga pada bagian tersebut resin yang merekat kurang merata. Namun gelembung udara pada head tube tidak terlalu banyak, hal ini bisa dihilangkan dengan cara menghaluskan pada bagian tersebut.



Gambar 4 - 8 *Part* yang sudah dilaminasi

Setelah melakukan laminasi pada *part head tube* selanjutnya, dilakukan penghalusan menggunakan gerinda dan kikir pada bagian *head tube* laminasi yang belum merata atau masih terdapat bagian yang tajam. *Part head tube* yang sudah dihaluskan dapat dilihat pada gambar 4 – 9.



Gambar 4 - 9 *Head tube* yang sudah dilakukan penghalusan

Dari proses *finishing* diatas didapatkan bahwa hasil sambungan head tube sepeda lebih baik dari sebelum dilakukan finishing. Untuk perancangan selanjutnya agar mendapat hasil yang lebih merata menggunakan metode *vacuum infusion,* namun metode ini dinilai jauh lebih mahal dibanding *hand lay-up*.

4.1.4 Perakitan Sepeda

Setelah dilakukan proses laminasi pada setiap bagian sambungan, maka tahap selanjutnya akan dilakukan proses *assembly* antar *part* sambungan sepeda. Proses *assembly* yang dilakukan adalah melakukan perekatan *part* sepeda berupa *head tube, seat post, bottom bracket,* dan *drop out*. Proses pengeleman dilakukan menggunakan lem *epoxy* dan lem korea. Proses *assembly* dan pengeleman dapat dilihat pada gambar 4 – 10.



Gambar 4 - 10 Proses pengeleman dan *assembly*

Setelah melakukan *assembly* selanjutnya sepeda dipasang *part* lainnya seperti roda, *fork*, *stang*, tempat duduk, rantai, *gear*, dan rem. Proses ini ditampilkan pada gambar 4 – 11.



Gambar 4 - 11 Sepeda yang sudah di *assembly*

Setelah dilakukan perakitan sepeda, maka tahapan selanjutnya melakukan uji jalan pada sepeda laminasi dengan perkuatan *fiberglass* berdasarkan SNI 1049:2008.

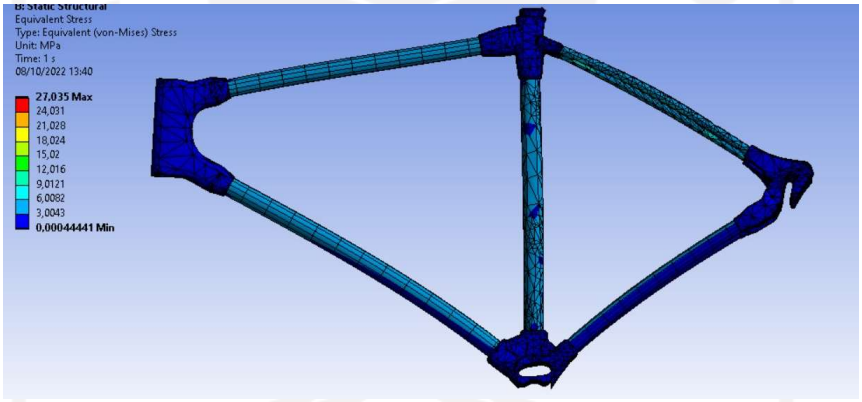
4.2 Hasil Pengujian

4.2.1 Hasil Analisis Pengujian CEN 14766

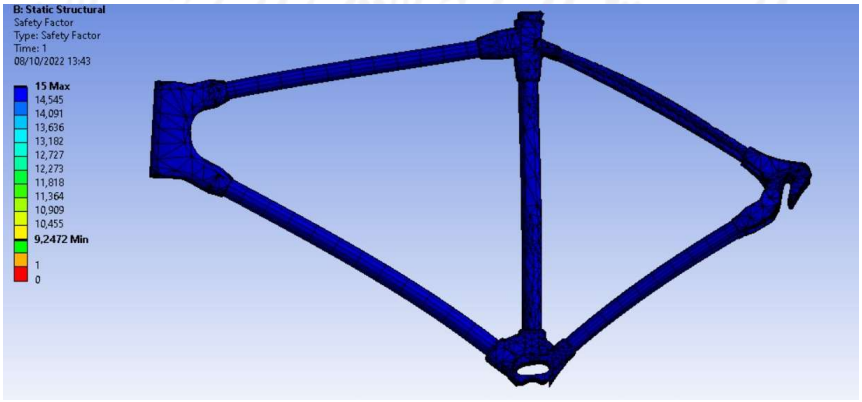
Pada pengujian CEN 14766 dilakukan beberapa pengujian yaitu pengujian vertikal, pengujian horisontal, dan pengujian pedal. Pengujian CEN 14766 dapat dilihat pada keterangan dibawah.

1. Pengujian CEN 14766 vertikal.

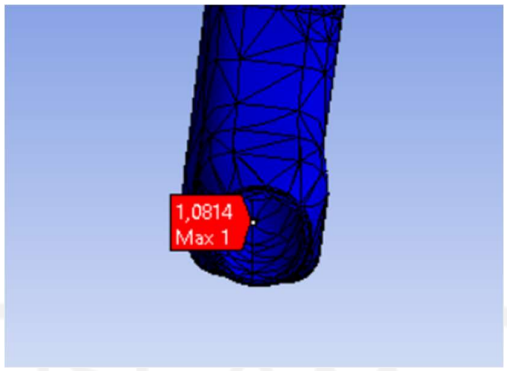
Pada pengujian ini pembebanan diberikan secara vertikal pada *frame*, pada pengujian ini diberikan beban sebesar 1.200 N. Setelah itu dilakukan analisis *frame* menggunakan *software ansys*. Hasil analisis pengujian CEN 14766 vertikal dapat dilihat pada gambar 4 – 12 dan gambar 4 – 13.



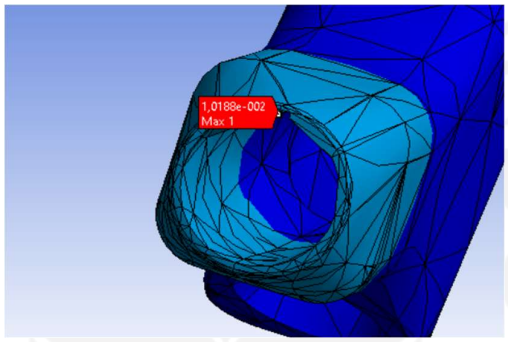
Gambar 4 - 12 Tegangan maksimal pada pembebanan vertikal



Gambar 4 - 13 *Safety Factor* pembebanan vertikal



Gambar 4 - 14 Tegangan maksimal *head tube* beban vertikal

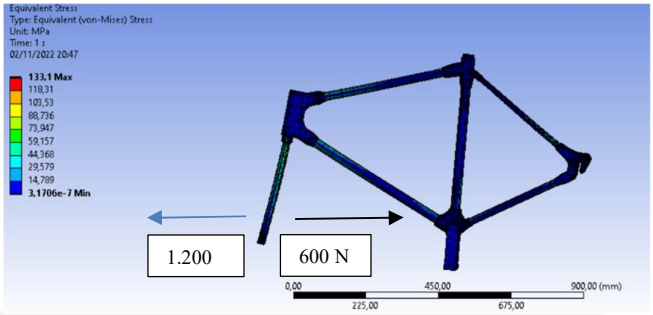


Gambar 4 - 15 Deformasi *head tube* beban vertikal

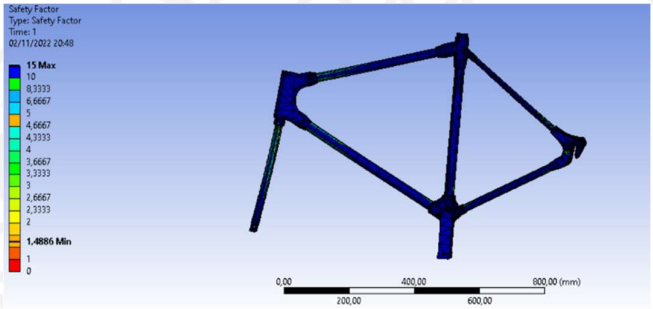
Dari analis yang dilakukan pada pembebanan vertikal didapatkan tegangan maksimal pada *frame* sebesar 27,03 MPa dan *safety factor* sebesar 9,2. Pada *head tube* tegangan maksimal yang terjadi sebesar 1,08 MPa dan deformasi sebesar 0,0101 mm dapat kita lihat pada gambar 4 – 14 dan gambar 4 – 15. Dapat dilihat dari hasil analisis diatas bahwa pembebanan secara vertikal dinilai masih aman karena nilai *safety factor* nya tidak lebih dari 1 (Saifullah & Mamungkas, 2020), dan tegangan tidak melebihi beban yang diijinkan.

2. Pengujian CEN 14766 horizontal

Pada pengujian CEN 14766 pembebanan horizontal diberikan pembebanan sebesar 1.200 N dan 600 N, lalu *fixed point* terletak pada bagian *drop out* belakang. Hasil analisis pembebanan horizontal dapat dilihat pada gambar 4 – 16, dan gambar 4 – 17.

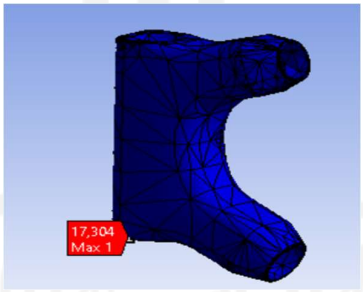


Gambar 4 - 16 Tegangan maksimal pembebanan horisontal

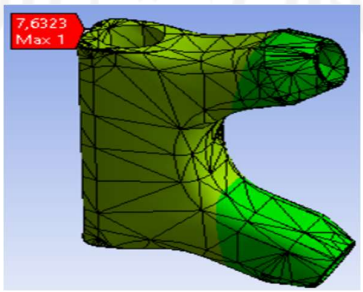


Gambar 4 - 17 *Safety factor frame* pembebanan horisontal

Dari kedua analisis yang dilakukan pada *frame* dengan pembebanan horisontal didapatkan hasil tegangan maksimal sebesar 133,1 MPa dan *safety factor* sebesar 1,48. Sehingga dapat disimpulkan apabila terjadi pembebanan secara horisontal dapat dinyatakan aman karena *safety factor* tidak kurang dari 1.



Gambar 4 - 18 Tegangan maksimal *head tube* pembebanan horisontal

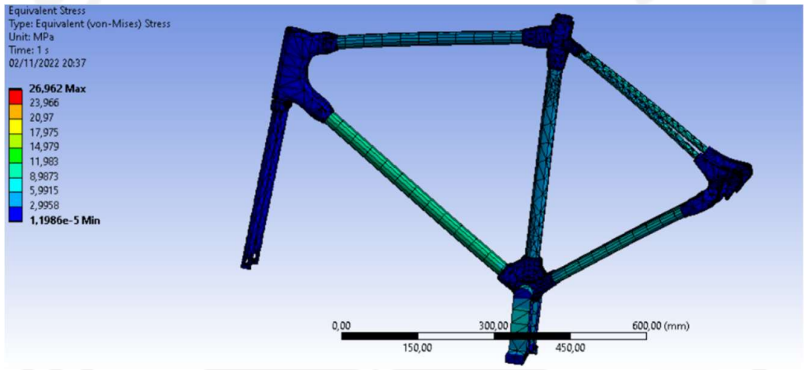


Gambar 4 - 19 Deformasi *head tube* pembebanan horisontal

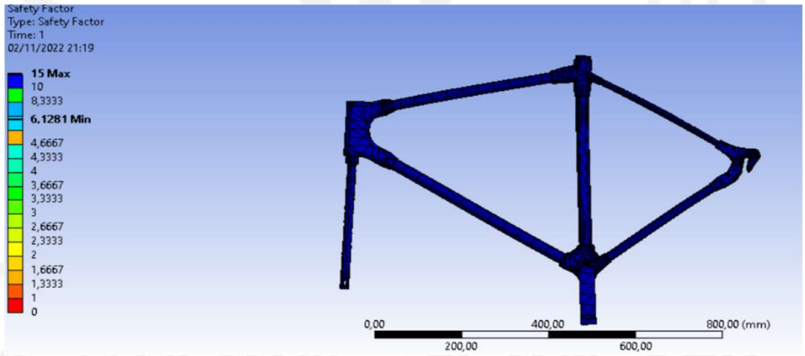
Lalu pada *head tube* tegangan maksimal yang terjadi sebesar 17,304 MPa dan deformasi yang terjadi pada *head tube* terjadi sebesar 7,6 mm ditampilkan pada gambar 4 – 18 dan gambar 4 - 19. Dapat kita simpulkan bahwa pada *head tube*, tegangan yang terjadi pada pembebanan horisontal masih dibawah tegangan yang dijinkan pada material, sehingga desain aman untuk digunakan.

3. Pengujian CEN 14766 Pedal

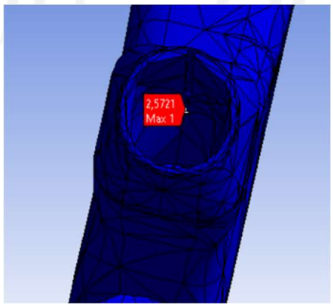
Pada pengujian CEN 14766 pedal dilakukan pembebanan terhadap pedal yaitu dengan *force* 1.200 N, yang diberikan pada pedal kanan dan kiri. Pengujian pedal pada *force* dapat dilihat pada gambar 4 - 20 dan gambar 4 – 21.



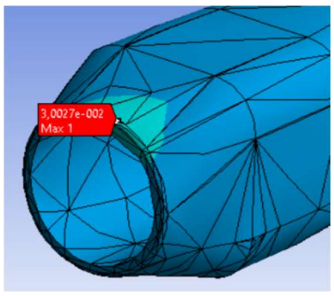
Gambar 4 - 20 Tegangan maksimal *frame* pembebanan pedal



Gambar 4 - 21 *Safety factor frame* pembebanan pedal



Gambar 4 - 22 Tegangan maksimal *head tube* pembebanan pedal



Gambar 4 - 23 Deformasi *head tube* pembebanan pedal

Dari hasil analisis pembebanan pedal dapat kita ketahui tegangan maksimal *frame* sebesar 26,96 MPa dan *safety factor* sebesar 6,12 MPa. Pada *head tube* mendapatkan tegangan sebesar 2,57 Mpa, dan deformasi pada *head tube* terjadi sebesar 0,030 mm dapat dilihat pada gambar 4 – 22 dan gambar 4 - 23. Dapat kita ketahui dari hasil analisis, dikarenakan *safety factor* tidak kurang dari 1 maka analisis pembebanan pedal dinyatakan aman. Hasil dari analisis standar CEN 14677 dapat dilihat pada tabel 4 – 2.

Tabel 4 - 2 Hasil analisis standar CEN 14677

Pengujian CEN 14766	Part sepeda	Material	Hasil tegangan (MPa)	Safety factor	Deformasi (mm)	Tegangan izin material (MPa)
Pembebanan vertikal	*Head tube*	PLA	1,08	15	0,010	61,93
	Frame	*Structural steel*	27,03	9,24	0,073	250
Pembebanan horisontal	*Head tube*	PLA	17,30	15	7,6	61,93
	Frame	*Structural steel*	133,1	1,48	11,8	250
Pembebanan pedal	*Head tube*	PLA	2,57	15	0,03	61,93
	Frame	*Structural steel*	26,96	6,12	0.13	250

4.2.2 Hasil Pengujian Jalan SNI 1049:2008

Pengujian jalan sepeda badan standar nasional indonesia adalah pengujian untuk sepeda agar sepeda bisa dinyatakan aman ketika digunakan. Pada pengujian ini ada beberapa syarat yang digunakan agar sepeda bisa layak untuk dipakai.

Pada pengujian ini sepeda minimal mampu di kendarai dengan jarak 1 km, lalu dengan melewati lintasan balok kayu yang sudah disesuaikan dengan

pengujian SNI, dengan jarak peletakan antar balok sejauh 2 m dengan jarak lintasan 30 m (BSNI, 2008).

Lalu untuk pengujian selanjutnya sepeda diuji untuk melaju dengan kecepatan tidak kurang dari 22 km/jam, dan pengukuran kecepatan dilakukan menggunakan *software Relive* pada *IOS*. Sebelum melakukan uji jalan pada sepeda dilakukan persiapan pada sepeda dan persiapan data penguji dapat kita lihat pada tabel 4 -3 dan tabel 4 – 4. Hasil pengujian pada sepeda dapat dilihat pada tabel 4 – 5 dibawah ini.

Tabel 4 - 3 Data penguji

Data Penguji			
NO	Nama	Tinggi (cm)	Berat Badan (kg)
1	Yanuar W. F	160	70,9
2	Adi Rahman	173	69,2
3	Reza Hanafi	163	67,3
4	Nevrizal	169	60
Keterangan : Melakukan penambahan beban 10 Kg pada pengujian yang dilakukan oleh Yanuar agar beban maksimal 80 Kg tercapai.			

Tabel 4 - 4 Persiapan sepeda

Persiapan	Keterangan
Pemeriksaan Rangka	Rangka dalam keadaan baik dan lengkap
Tinggi dari sadel ke *seatpost*	5 cm
Tinggi dari stang ke permukaan tanah	95 cm
Rem	Rem dalam keadaan baik

Tabel 4 - 5 Pengujian sepeda

Parameter Uji	Keterangan
Sepeda mampu dikendarai sepanjang 1 Km	Sepeda mampu dikendarai dengan stabil dalam keadaan lurus maupun berbelok
Sepeda mampu melewati 15 balok kayu sebanyak 3x percobaan, dengan jarak antar balok yaitu 2 meter, dan jarak lintasan 30 meter	Sepeda mampu melewati balok dengan normal sesuai SNI, dan tidak terjadi crack pada setiap bagian sambungan sepeda.
Sepeda mampu dikendarai konstan dengan kecepatan minimal 22 km/jam	Sepeda dapat dikendarai dengan kecepatan 22 km/jam hingga 26,2 km/jam
Pengujian sepeda dapat dilakukan dengan 1 tangan.	Sepeda mampu dikemudikan dengan 1 tangan dan tidak membahayakan penguji.

Tabel 4 - 6 Kecepatan sepeda

Kecepatan Sepeda/Percobaan ke	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4
Kecepatan Sepeda	22,7 km/jam	22,1km/jam	25,6 km/jam	26,2 km/jam
Ket: Data kecepatan sepeda diambil dari *software relive* pada *IOS*.				

Tabel 4 - 7 Kesimpulan pengujian SNI

Pertanyaan	Keterangan
Apakah sepeda yang dikendarai dalam keadaan stabil?	Iya, sepeda laminasi komposit dikendarai dalam keadaan stabil dan kuat.
Apakah sepeda yang dikendarai aman, jika dikendarai dalam keadaan berbelok?	Iya, sepeda aman ketika dikendarai dalam keadaan berbelok, dan stang bisa dikendalikan dengan baik.
Apakah ada bagian yang terlepas ketika sepeda dikendarai?	Tidak, setiap bagian pada sambungan sepeda dalam kondisi normal dan tidak terjadi keretakan maupun terlepas

Dapat kita ketahui setelah mengambil dan melakukan uji coba, didapatkan data kecepatan yang didapatkan dari *software Relive* pada IOS. Setelah melakukan uji jalan SNI 1049:2008 dibuat kesimpulan, kesimpulan uji jalan SNI 1049:2008 ditampilkan pada tabel 4 – 7.

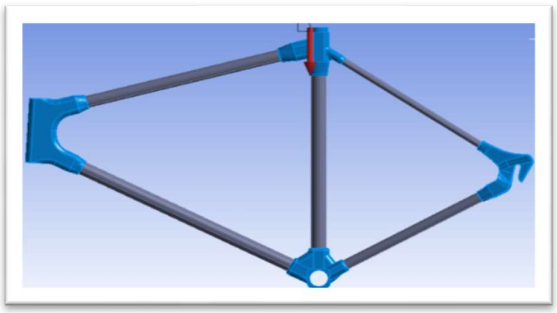
4.3 Analisis dan Pembahasan

Pada perancangan kali ini adalah merancang sambungan *head tube* sepeda menggunakan material PLA yang hasil nya diperkuat lapiran *fiberglass.* Perancangan ini menggunakan frame dari sepeda jengki, yang pada bagian pipa atas nya di modifikasi. Frame asli sepeda jengki dapat dilihat pada gambar 4 – 24.



Gambar 4 - 24 *Frame* asli sepeda jengki

Dari frame asli sepeda jengki dilakukan modifikasi pada pipa bagian atas yang bertujuan untuk membuat sambungan pada bagian seat post hanya 1 part sambungan sehingga pipa atas dimodifikasi agar mempermudah proses pembuatan seat post dan menguatkan rangka frame. Modifikasi frame dapa dilihat pada gambar 2 – 25.



Gambar 4 - 25 Frame modifikasi

Pada frame seperti gambar diatas dinilai lebih kuat dibanding frame sepeda jengki karena menyerupai frame sepeda MTB, sehingga pada pembuatan seat post hanya memerlukan 1 sambungan saja.

Dapat ketika ketahui dari hasil pengujian jalan sepeda SNI 1049:2008. Dilakukan percobaan pertama pada uji jalan SNI 1049:2008. Uji jalan dapat dilihat pada gambar 4 – 26.



Gambar 4 - 26 Pengujian jalan pertama

Dari pengujian yang dilakukan pertama kali, sepeda mengalami beberapa kendala seperti rantai yang mudah copot dan lem yang belum terlalu kuat. Pada pengujian pertama balok yang dibuat belum sesuai standar, sehingga dibuat kembali balok yang sudah sesuai standar. Balok dapat kita lihat pada gambar 4 - 27.



Gambar 4 - 27 Balok

Balok diatas dibuat pada salah satu mebel di jalan Sayyegan Rosse Bambu, yang dibuat sesuai parameter pada standar uji jalan SNI 1049:2008. Setelah melakukan beberapa perbaikan pada sepeda, seperti melakukan penggantian as roda jenis *quick release* ke as roda standar atau as roda permanen. Serta memberi *stabilizer* pada rantai yang bertujuan agar rantai tidak mudah lepas. As roda dan *stabilizer* dapat kita lihat pada gambar 4 - 28 dan gambar 4 - 29.



As *quick release* As Permanen

Gambar 4 - 28 As roda



Gambar 4 - 29 *Stabilizer*

Setelah melakukan pengujian pertama ada bagian lem yang terlepas yaitu pada bagian *head tube* dan *bottom bracket* pada sepeda, sehingga dilakukan pengeleman ulang, pada bagian tersebut, dilakukan pengeleman secara merata, dan lem diperbanyak sehingga lem lebih baik dalam perekatan. Gambar lem yang terlepas dapat dilihat pada gambar 4 – 30.



Gambar 4 - 30 Lem pada bagian *head tube*

Selanjutnya setelah melakukan perbaikan terhadap bagian lem yang terlepas dan sudah melakukan pengeleman ulang, menyeting beberapa *part* sepeda seperti rantai dan *stabilizer* dan melakukan uji jalan SNI 1049:2008 ulang pada sepeda, yang dilakukan di jalan lapangan bola Maguwoharjo. Pengujian jalan dapat dilihat pada gambar 4 - 31.



Gambar 4 - 31 Pengujian jalan

Dari pengujian jalan sepeda SNI 1049:2008 diatas, dan melakukan beberapa perbaikan, pembuatan balok sesuai uji jalan SNI 1049:2008, didapatkan hasil yang cukup baik, sehingga perancangan yang dilakukan sudah sesuai standar SNI 1049:2008, akan tetapi ada beberapa hal yang harus diperhatikan seperti pengeleman. Pengeleman harus diperhatikan, dikarenakan mempengaruhi kekuatan *frame*, untuk pengeleman haruslah dilakukan secara merata agar *part* sambungan sepeda komposit laminasi tidak terlepas, dan bisa menggunakan lem yang lebih bagus kekuatan rekatnya dibanding lem *epoxy* dan lem korea.

Setelah melakukan pengujian, dilakukan pengecekan kembali pada setiap *part*, terutama pada bagian *head tube*. Bagian *head tube* setelah pengujian dapat dilihat pada gambar 4 - 29.



Gambar 4 - 32 *Head tube* setelah diuji

Dilihat dari gambar 4 - 32 diatas, setelah dilakukan pengeleman ulang dan dilapisi dengan merata, dan melakukan beberapa kali uji jalan sesuai standar SNI 1049:2008. Pada *part head tube*, bertahan dengan baik, dan tidak terjadi keretakan pada setiap sisinya, dan pada pengeleman tidak ada yang terlepas maupun retak. Sehingga pengujian dan perancangan berjalan sesuai rencana dan sesuai uji jalan SNI 1049:2008.

BAB 5
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Telah berhasil melakukan perancangan sambungan *part* sepeda yaitu *head tube* dengan perkuatan laminasi *fiberglass* serat acak dengan menggunakan metode *hand lay-up*.
2. Telah dilakukan optimasi desain dengan cara mengurangi sudut pada *head tube* agar mempermudah proses laminasi *fiberglass*.
3. Sepeda mampu diuji pada pengujian jalan sesuai SNI 1049:2008, dan tidak terjadi keretakan atau lepas pada setiap bagian sambungan.
4. Tegangan maksimal hasil analisis dengan perangkat lunak pada pembebanan vertikal dengan *force* 1.200 N, tegangan maksimal yang terjadi pada *head tube* sebesar 1,08 Mpa dan deformasi terbesar yang terjadi di *head tube* sebesar 0,0127 mm. Besar tegangan yang terjadi pada semua bagian *frame* masih dibawah tegangan ijin material sehingga desain dinyatakan aman untuk digunakan.

5.2 Saran

1. *Part* sambungan sepeda bisa dibuat dengan karbon dengan perkuatan lapisan *fiberglass*, agar part sambungan lebih ringan dan kuat dari part sambungan sebelumnya.
2. Lem yang digunakan pada penelitian selanjutnya menggunakan lem yang lebih kuat dari lem *epoxy* maupun lem korea.
3. Pada penelitian selanjutnya, bisa menggunakan metode *vacuum infusion* agar resin bisa merata pada setiap sisinya.

DAFTAR PUSTAKA

Adiluhung, H. (2018). Penyempurnaan Bentuk Serta Ketahanan Material pada Dummy Body Part Kendaraan Tempur Dengan Teknik Printer 3D dan Komposit. 5.

BSNI. (2008). Sepeda – Syarat keselamatan. BSN.

Faisol, M. (2018). Pembuatan Sambungan Part Head Tube pada Sepeda menggunakan 3D Printer Berdasarkan Topology Optimization Design. 113.

Hager, I. G., & Putanowicz, R. (2016). 3D Printing of Buildings and Building Components as the Future of Sustainable Construction, Procedia Engineering.

Jacobs, P. F. (1992). Rapid Prototyping & Manufacturing: Fundamentals of Stereolithography. Society of Manufacturing Engineers.

Mattews. (1994). Composite Materials: Engineering and Science, Chapman and Hall.

Nayiroh, N. (2013). Teknologi Material Komposit.

Notohutomo, A. A., & Christy, H. O. (2017). C116—Perancangan Semi-mass Product Art Furniture Dengan Kreatifitas Pengolahan Resin. 7.

Purwanto, A., & Anto, T. P. (2009). Analisis Tentang Main Time Break Failure dari bearing 6304 Pada CRankshaft Gasoline Engine. Jurnal Teknologi, 2, 8.

Putra, K. S., & Ds, S. (2018). Pemanfaatan Teknologi 3D Printing Dalam Proses Desain Produk Gaya Hidup. 6.

Rosarica, B. (2003). "Pembuatan Resin Phenol-Formaldehyde :Pengaruh Penambahan Hexamine" Laporan penelitian, Jurusan Teknik Kimia. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Saifullah, A., & Mamungkas, M. I. (2020). Analisis Pembebanan Vertikal pada Frame Sepeda Menggunakan Metode ELemen Hingga dengan Bantuan Ansys. 6.

Saleh, R. A. (2019). Analisis kekuatan dan pengujian terhadap komposit sandwich bulu ayam. Tugas Akhir.

Sunardi, H., Zainuri, A., & Catur, A. D. (2013). Pengaruh Tahapan Proses Pelubangan dan Arah Serat Terhadap Kekuatan Tarik Material Komposit Polyester- Pandan Wangi. Dinamika Teknik Mesin, 3(1). https://doi.org/10.29303/d.v3i1.82

Supriadi. (2000). Kreativitas, Kebudayaan, dan Perkembangan Iptek. Alfabeta.

LAMPIRAN

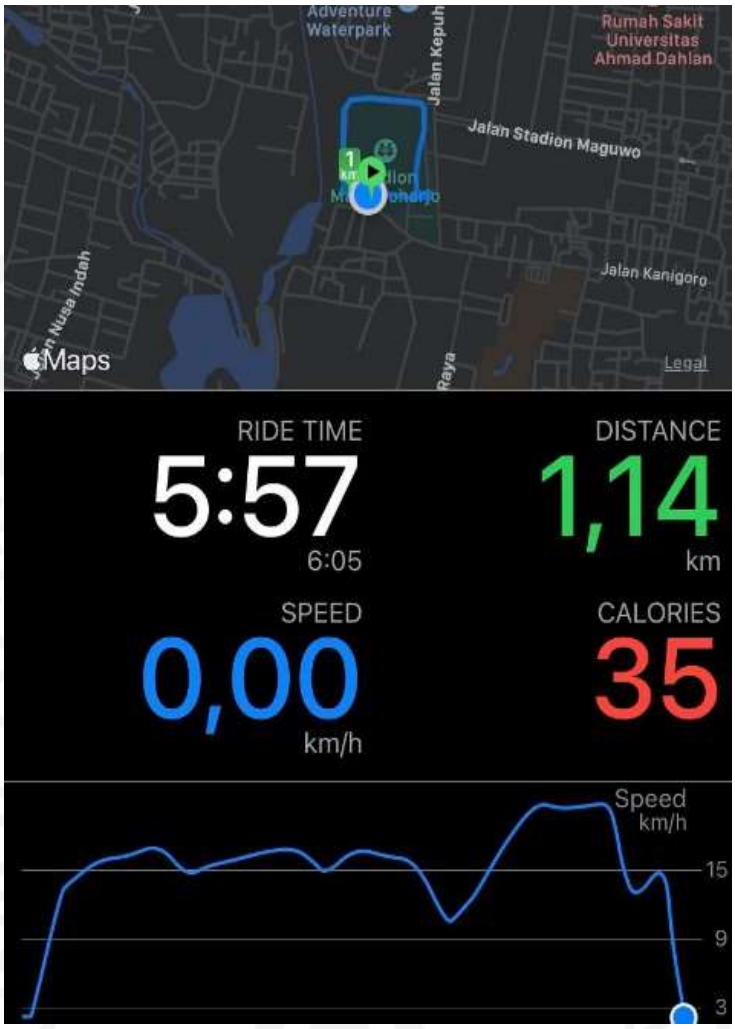
LAMPIRAN 1



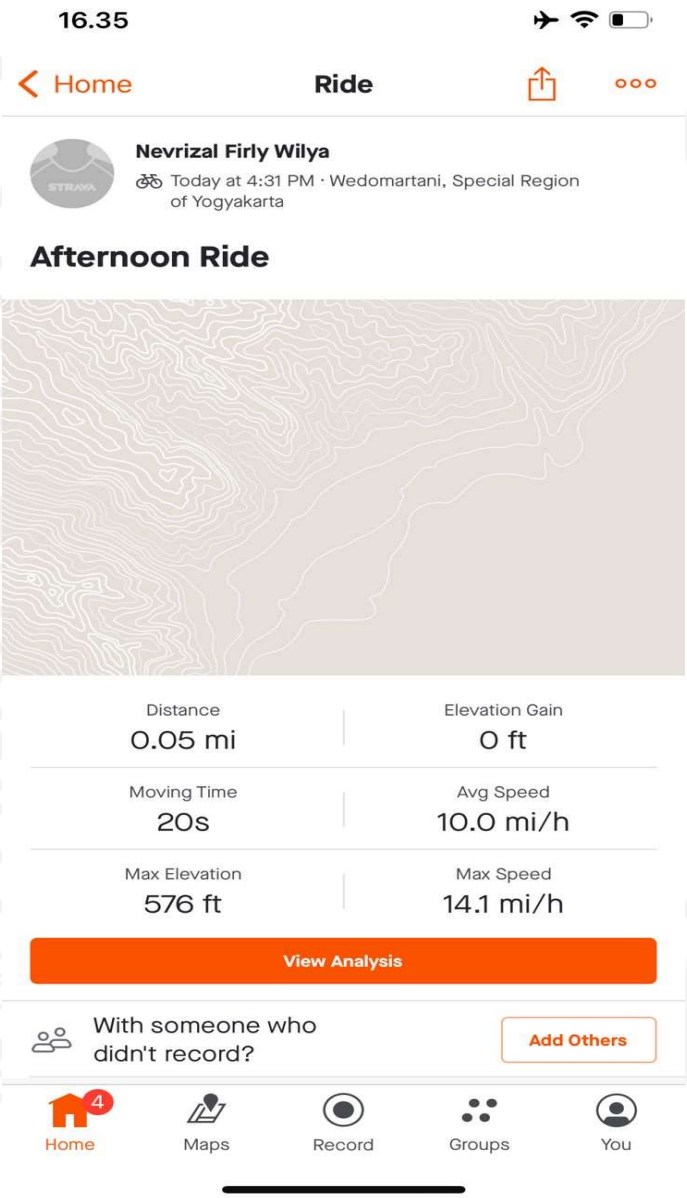
LAMPIRAN 2


28 September
km
2
1
0
0.5
J F M A M J J A S O N D
Bulan
KECEPATAN MAKS
25.6 km/h
Berbagi
RATA-RATA KECEPATAN
14.3 km/h
14.3 KM/H DALAM 2022
km/h
30
20
10
0
0.2
0.4
km

LAMPIRAN 3


Adventure Waterpark
Rumah Sakit Universitas Ahmad Dahlan
Jalan Stadion Maguwo
Jalan Kanigoro
Maps
Legal
RIDE TIME
5:57
6:05
DISTANCE
1,14
km
SPEED
0,00
km/h
CALORIES
35
Speed
km/h
15
9
3

LAMPIRAN 4


16.35
Home
Ride
Nevrizal Firly Wilya
Today at 4:31 PM · Wedomartani, Special Region of Yogyakarta
Afternoon Ride
Distance
0.05 mi
Elevation Gain
0 ft
Moving Time
20s
Avg Speed
10.0 mi/h
Max Elevation
576 ft
Max Speed
14.1 mi/h
View Analysis
With someone who didn't record?
Add Others
Home
Maps
Record
Groups
You

LAMPIRAN 5

