

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Deskripsi Umum Masalah

Perkembangan teknologi telekomunikasi telah mendorong penggunaan serat optik sebagai media transmisi utama dalam komunikasi modern, menawarkan berbagai kelebihan seperti *bandwidth* besar, kecepatan transmisi data tinggi, kemampuan transmisi jarak jauh dengan atenuasi rendah, dan ketahanan terhadap interferensi elektromagnetik [1]. Seiring dengan meningkatnya penggunaan serat optik, tantangan dalam menjaga kualitas dan keandalan komponen-komponen pendukung lainnya juga semakin besar. Komponen yang memerlukan perhatian khusus adalah konektor, kabel *patchcord*, dan kabel *precon*. Kualitas dari komponen ini sangatlah berpengaruh pada performa keseluruhan jaringan serat optik, di mana masalah seperti *microbending* dan *macrobending* akibat tekanan mekanik dapat mengakibatkan hilangnya sinyal (*loss*) [2]. *Telkom Test House* (TTH) merupakan lembaga yang bertujuan melakukan pengujian dan sertifikasi untuk memastikan kualitas dan keandalan komponen serat optik, mengidentifikasi potensi masalah sebelum digunakan, dan menjamin kesesuaian dengan standar industri yang berlaku. Metode yang digunakan di TTH untuk mencapai tujuan ini masih menghadapi berbagai kendala.

Pengujian kabel *patchcord* dan *precon* di TTH masih banyak dilakukan secara manual menggunakan metode *repeated bending* dan *twist test* dengan alat sederhana dan tanpa sistem otomatis. Metode ini sepenuhnya bergantung pada tenaga manusia, di mana seorang teknisi menggunakan kekuatan tangannya secara langsung untuk membengkokkan dan memuntir kabel secara berulang sesuai dengan jumlah siklus yang ditetapkan dalam standar seperti Telcordia. Kendala utama dari metode manual yang bergantung pada tangan manusia ini adalah tingkat kelelahan teknisi yang tinggi, hasil uji yang tidak konsisten, serta efisiensi waktu yang lama dalam pengujiannya [3], [4]. Pengujian manual tidak dapat mengukur parameter teknis secara presisi, seperti beban aktual dan jumlah siklus yang tepat, karena sistem ini tidak menggunakan sensor atau pencatat otomatis.

Kelemahan yang sering terjadi pada proses manual, seringkali pelaksanaannya juga tidak sepenuhnya sesuai dengan detail yang ditetapkan oleh standar. Pengujian *twist test* yang seharusnya dilakukan menggunakan *capstan* dengan diameter dan frekuensi putaran tertentu sesuai standar Telcordia GR-326-CORE, pada kenyataannya tidak menggunakan alat tersebut [5]. Kombinasi antara keterbatasan metode manual yang tidak presisi dan ketidakpatuhan

terhadap detail standar inilah yang dapat mengakibatkan masalah pada hasil pengujian. Solusi otomatisasi dibutuhkan untuk meningkatkan kualitas, konsistensi, dan efisiensi proses pengujian di TTH [4].

1.2 Analisis Masalah

Analisis mendalam diperlukan dalam pengujian kabel *patchcord* dan kabel *precon* aspek-aspek yang diperhatikan dalam analisis masalah ini terdiri dari aspek pengguna, teknologi, ekonomi, dan keberlanjutan. Keseluruhan aspek ini perlu dikaji dengan baik agar nantinya penyelesaian dari rancangan alat ini bisa akurat dan meningkatkan kualitas pengujian dan juga meminimalkan kesalahan yang terjadi

1.2.1 Aspek Pengguna

Pengujian manual membutuhkan waktu lebih lama dimana setiap pengujian *repeated bending* pada *patchcord* dan kabel *precon* membekokkan kabel dengan 90 derajat diberi beban seberat 0.9 kg dilakukan sebanyak 100 kali secara bolak-balik. Pengujian *twist* pada kabel *patchcord* dan kabel *precon* dilakukan sebanyak 10 kali puntiran dan diberikan beban seberat 1.35 kg [5]. Pengujian manual membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan pengujian otomatis [4]. Kabel harus diuji satu per satu, serta mengatur pengukuran setiap kali melakukan pengujian. Peningkatan jumlah kabel *patchcord* dan kabel *precon* yang harus diuji akan memperpanjang waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proses pengujian. Potensi kelelahan penguji yang melibatkan putaran berulang dalam jumlah banyak bisa menyebabkan kelelahan fisik pada penguji, yang akhirnya dapat mengurangi ketelitian dan konsistensi dalam melakukan pengujian [6]. Hasil yang tidak konsisten, terutama jika dilakukan oleh teknisi yang berbeda saat membaca hasil pengujian dapat bervariasi, sehingga menyebabkan hasil yang kurang akurat [7]. Hasil pengujian menjadi tidak akurat, dan masalah pada kabel *patchcord* dan kabel *precon* mungkin tidak terdeteksi.

1.2.2 Aspek Teknologi

Prosedur pengujian manual memiliki beberapa permasalahan yang dapat mempengaruhi hasil pengujian yang tidak sesuai standar yang telah ditentukan [5]. Permasalahan pada akurasi yang masih menggunakan tangan kosong untuk melakukan pengujian kabel *patchcord* dan kabel *precon* dan membuat hasil pengujian yang tidak akurat juga. Pengujian yang lebih kompleks dan dengan teknologi yang jelas menjadi salah satu faktor penyebab kesalahan serta tidak sesuai standar yang telah ditentukan [5]. Saat ini, tidak ada alat

yang dapat membantu pengujian kabel *patchcord* dan kabel *precon*, sulit bagi petugas untuk mengikuti prosedur pengujian, yang pada akhirnya dapat menimbulkan kesalahan serta ketidakakuratan dalam pelaksanaan pengujian kabel *patchcord* dan kabel *precon*. Efektivitas serta kekuatan yang tidak terintegrasi dengan baik menghambat pelaksanaan pengujian kabel *patchcord* dan kabel *precon*. Pelaksanaan pengujian kabel *patchcord* dan kabel *precon* menggunakan tangan kosong secara manual sangat menguras tenaga serta tidak efektif karena keterbatasan tenaga manusia serta waktu yang dibutuhkan sehingga meningkatkan risiko kesalahan manusia yang sangat tinggi yang dapat mengakibatkan inkonsistensi hasil dan akurasi pengujian [6], [7].

1.2.3 Aspek Ekonomi

Pengujian kabel *patchcord* dan kabel *precon* memerlukan tingkat ketelitian yang tinggi dan hasil yang akurat. Pengujian untuk saat ini dilakukan secara manual yang memerlukan tenaga yang intensif dan waktu yang lama. Penurunan performa pengujian membatasi jumlah kabel yang dapat diuji dalam satu periode waktu. Keterbatasan ini dapat menurunkan reputasi penyedia jasa dalam hal kepercayaan dan keandalan di mata *vendor* maupun pelanggan. Penurunan reputasi berpotensi menyebabkan penurunan pendapatan perusahaan, karena menurunnya kepuasan dan loyalitas pelanggan [8]. Selain berdampak pada pendapatan, penggunaan tenaga manusia juga memerlukan biaya operasional yang cukup besar, terutama saat pengujian dilakukan dalam jumlah banyak. Semakin banyak kabel yang diuji, semakin banyak tenaga kerja yang dibutuhkan, yang berarti biaya juga semakin meningkat. Pengujian manual berisiko menimbulkan kesalahan dan ketidakakuratan hasil karena keterbatasan manusia. [6].

1.2.4 Aspek Keberlanjutan

Pengujian kabel *patchcord* dan kabel *precon* secara manual, aspek keberlanjutan ini sangat dipengaruhi oleh tenaga manusia yang mana pengujian yang dilakukan secara berulang, seperti pengujian mekanik tekukan, puntiran, dan beban. Proses tersebut membutuhkan tenaga dari teknisi manusia yang tidak efisien dan memakan waktu [6]. Pengujian dilakukan hingga ratusan kali, sehingga membutuhkan tenaga fisik yang tidak sedikit [5] [6]. Pengujian secara manual juga memunculkan risiko berupa hasil yang tidak konsisten karena faktor kelelahan manusia dan juga perbedaan teknik pengujian dari setiap teknisi yang melakukan pengujian [6], [7].

Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai ketahanan kabel *patchcord* dan kabel *precon* pada siklus pembengkokan, puntiran dan pembuktian beban secara berulang. Tujuan

dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa kabel memiliki kualitas yang baik dalam menghadapi keausan selama pemakaian oleh pengguna. Pengujian berfungsi sebagai pembuktian untuk mengevaluasi kekuatan kabel terhadap tarikan tertentu, agar performa yang dihasilkan tetap stabil dan sesuai dengan standar yang digunakan [5]. Pengujian secara manual ini meningkatkan resiko ketidakakuratan akibat dari berbagai faktor. Alat pengujian seperti gulungan atau penjepit yang aus akibat penggunaan terus - menerus juga bisa berdampak negatif pada hasil pengujian. Metode pengujian manual saat ini tidak berkelanjutan dalam jangka panjang karena tidak efisien dan tidak konsisten. Pengujian manual menuntut tenaga fisik dan waktu yang signifikan dari teknisi, mengarah pada pemanfaatan sumber daya manusia yang tidak optimal yang membuat kelelahan teknisi dan variasi teknik pengujian antar individu meningkatkan risiko tidak konsistennan hasil sehingga mengurangi keandalan data [6], [7].

1.3 Analisis Solusi yang Ada

Pengujian kabel *patchcord* dan kabel *precon*, TTH sudah melakukan pengujian tersebut dengan metode manual. Metode ini masih menjadi pendekatan yang digunakan untuk memastikan kualitas dari kabel *patchcord* dan kabel *precon* yang akan digunakan oleh konsumen. Proses ini melibatkan pengujian *repeated bending* dan *twist*. Pengujian dilakukan setiap terdapat permintaan dari *vendor*. Pengujian ini dilakukan di TTH yang berada di jalan Gegerkalong Kota Bandung. Sejauh ini TTH masih melakukan seluruh pengujiannya dengan cara manual menggunakan tangan manusia dan diberi beban seberat 0.9 kg untuk pengujian *repeated bending* dan untuk pengujian *twist* diberikan beban 1.35 kg [5]. Kabel *patchcord* dan kabel *precon* melakukan pengujian redaman. Redaman adalah hilangnya daya sinyal selama transmisi melalui kabel *fiber optic*, yang mempengaruhi kualitas data yang dikirim dan diterima. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa semakin banyak gulungan, semakin tinggi nilai redaman pada kabel, yang berpengaruh pada penurunan kualitas transmisi. Redaman tertinggi ditemukan pada kabel yang digulung 15 kali, sementara redaman terendah terjadi pada kabel yang tidak digulung [9].

1.3.1 Pengujian *Repeated Bending* pada Kabel *Patchcord* dan Kabel *Precon* Secara Manual

Pengujian *repeated bending* adalah pengujian untuk mengetahui seberapa tahan sebuah material terhadap deformasi berulang kali dalam bentuk pembengkokan. Pengujian ini penting terutama untuk material yang digunakan dalam kondisi fleksibel. Pengujian *repeated bending* pada kabel *patchcord* dan kabel *precon* dilakukan dengan membekokkan kabel secara manual dengan menggunakan tangan kosong dan alat sederhana dengan sudut 90° dan perulangan *repeated bending* sebanyak 100 kali secara bolak balik [5]. Tujuannya untuk menahan tekanan

akibat pembekokan berulang-ulang. Tekanan ini sering terjadi dalam kondisi penggunaan sehari-hari, misalnya ketika kabel sering digulung, dibengkokan atau terjepit. Berikut ini adalah perbandingan aspek tentang keunggulan, kekurangan, dan keterbatasan dari pengujian *repeated bending* pada kabel *patchcord* dan kabel *precon* secara manual.

Tabel 1. 1 Perbandingan Aspek Pengujian *Repeated Bending*.

Aspek Solusi		
Keunggulan	Kekurangan	Keterbatasan
Biaya relatif murah, pengujian manual tidak memerlukan teknologi atau alat yang canggih. Sehingga biaya pengujian dapat diminimalkan.	Waktu pengujian yang lama, sehingga tidak efisien untuk pengujian yang memerlukan kecepatan dan volume yang tinggi.	Sulit untuk menentukan standarisasi. Hasil pengujian manual tergantung pada penguji, dan juga sulit untuk menetapkan standar pengujian yang seragam di seluruh proses.
Pengujian manual dapat dilakukan di berbagai tempat, mudah dioperasikan, sehingga fleksibel.	Ketidakakuratan dalam hasil yang didapat karena variasi sudut, dan frekuensi pembengkokan yang dilakukan oleh penguji manusia sulit untuk menjaga konsistensi antar siklus uji.	Risiko kelelahan penguji karena banyaknya pengujian dapat meningkatkan risiko kelelahan dan hasil yang tidak akurat.
Pengamatan visual secara langsung dalam melakukan pengujian dapat melihat tanda-tanda fisik kerusakan, seperti retak, patah, atau penurunan performa kabel selama atau setelah pengujian.	Ketergantungan pada keterampilan penguji hasil pengujian sangat bergantung pada keterampilan, konsistensi, dan perhatian penguji.	Keterbatasan kapasitas pengujian, karena tidak ada alat yang canggih atau kompleks.

Tabel 1.1 merupakan solusi yang ada saat ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan dalam pengujian secara manual kabel *patchcord* dan kabel *precon*. Permasalahan utama yang teridentifikasi mencakup pengujian manual membutuhkan waktu yang lebih lama, ketidakakuratan dalam hasil yang didapat, sulit untuk menentukan standarisasi, risiko kelelahan penguji karena banyaknya pengujian dapat meningkatkan risiko kelelahan dan hasil yang tidak akurat serta keterbatasan kapasitas pengujian karena tidak ada alat yang canggih atau kompleks [6], [7].

Pengembangan solusi berbasis perangkat uji menjadi kebutuhan mendesak untuk mengatasi berbagai tantangan dalam proses pengujian kabel *patchcord* dan kabel *precon*. Solusi ini harus dirancang untuk meminimalkan ketergantungan terhadap proses manual, mengurangi risiko kesalahan akibat kelelahan penguji, meningkatkan akurasi hasil pengujian, serta mempercepat waktu pelaksanaan uji [4]. Implementasi berbasis perangkat uji yang tepat diharapkan mampu memberikan dampak positif dalam mewujudkan sistem pengujian yang lebih efektif, konsisten, dan sesuai dengan industri di era digital saat ini.

1.3.2 Pengujian *Twist* pada Kabel *Patchcord* dan Kabel *Precon* Secara Manual

Pengujian *twist* adalah uji untuk mengetahui seberapa tahan sebuah material terhadap gaya puntir atau torsi. Pengujian kekuatan puntir penting dilakukan pada material yang bekerja di lingkungan dengan gaya puntir, seperti poros penggerak, sekrup, atau kawat baja. Pengujian *twist* pada kabel *patchcord* dan kabel *precon* secara manual dilakukan sebanyak 10 kali puntiran dan diberikan beban seberat 1.35 kg [5]. Tujuan dari pengujian *twist* untuk menahan tekanan akibat puntiran berulang. Tekanan ini sering terjadi dalam kondisi penggunaan sehari-hari, misalnya ketika kabel sering dililitkan atau terjepit. Berikut ini adalah perbandingan aspek mengenai keunggulan, kekurangan, dan keterbatasan dari metode pengujian *twist* pada kabel *patchcord* dan kabel *precon* secara manual, yang dapat menjadi pertimbangan dalam proses pengembangan metode atau alat uji yang lebih efisien dan akurat di masa mendatang.

Tabel 1. 2 Perbandingan Aspek Pengujian *Twist*.

Aspek Solusi		
Keunggulan	Kekurangan	Keterbatasan
Pengujian secara manual dapat dilakukan tanpa memerlukan peralatan tanpa teknologi, sehingga memungkinkan penghematan biaya dan membuat prosesnya lebih ekonomis.	Durasi pengujian yang memakan waktu cukup lama sehingga kurang efektif untuk aplikasi yang membutuhkan proses cepat dan jumlah pengujian dalam skala besar.	Standar yang konsisten dalam pengujian manual cukup menantang, karena hasilnya sangat bergantung pada individu yang melakukan pengujian.
Metode uji manual memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi karena dapat dijalankan di berbagai lokasi dan pengoperasiannya tergolong sederhana.	Tingkat akurasi hasil pengujian bisa menurun akibat ketidakkonsistenan sudut pembengkokan yang dilakukan secara manual, karena penguji manusia cenderung sulit mempertahankan keseragaman di setiap siklus pengujian.	Tingginya jumlah pengujian yang harus dilakukan secara manual dapat menyebabkan kelelahan pada penguji, yang pada akhirnya berpotensi menurunkan tingkat akurasi hasil pengujian.
Pengujian dengan metode pengamatan langsung, kerusakan fisik pada kabel seperti retakan dan patahan dapat teridentifikasi selama atau setelah proses pengujian berlangsung.	Hasil dari pengujian sangat dipengaruhi oleh kemampuan, ketelitian, dan konsistensi dari penguji, sehingga terdapat ketergantungan tinggi pada kualitas keterampilan penguji.	Ketiadaan perangkat canggih atau sistem yang kompleks membatasi kapasitas pengujian, sehingga tidak mampu menangani jumlah uji dalam skala besar.

Tabel 1.2 menunjukkan bahwa metode pengujian *twist* yang diterapkan saat ini masih memiliki sejumlah keterbatasan, khususnya dalam pelaksanaan secara manual pada kabel *patchcord* dan kabel *precon*. Kendala utama yang dihadapi antara lain waktu pengujian yang relatif lama, tingkat akurasi yang rendah akibat keterlibatan manusia secara langsung, serta kesulitan dalam menjaga konsistensi atau standarisasi antar pengujian [7]. Beban kerja yang tinggi pada penguji dapat menyebabkan kelelahan fisik yang berdampak pada penurunan kualitas hasil uji [6]. Kapasitas pengujian terbatas karena belum tersedia perangkat yang dapat mengotomatisasi proses secara efisien dan sistematis.

Pengembangan sistem berbasis perangkat pengujian *twist* menjadi sebuah kebutuhan yang mendesak untuk menjawab berbagai tantangan tersebut. Sistem ini perlu dikembangkan agar mampu mengurangi ketergantungan pada metode manual, meningkatkan kecepatan dan ketepatan proses pengujian, serta menjamin hasil yang lebih konsisten dan dapat diandalkan [4]. Implementasi perangkat uji yang modern dan terintegrasi, proses pengujian *twist* pada kabel dapat ditingkatkan secara signifikan baik dari sisi efisiensi kerja maupun validitas data. Penerapan sistem otomatisasi akan mendukung terciptanya proses pengujian yang lebih adaptif terhadap tuntutan industri dan perkembangan teknologi saat ini.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

1. Merancang dan membangun sistem mekanik alat uji yang mampu melakukan gerakan *repeated bending* (pembengkokan berulang) dan *twist test* (uji puntir) secara otomatis pada kabel *patchcord* dan *precon*.
2. Mengimplementasikan sistem kendali berbasis mikrokontroler untuk mengatur seluruh proses pengujian, termasuk pengaturan jumlah siklus, sudut pembengkokan, arah putaran, dan beban yang diberikan oleh aktuator.
3. Mengintegrasikan sistem pemberian dan pengukuran beban menggunakan kombinasi *linear actuator* dan sensor *load cell* untuk memastikan beban yang diterapkan pada kabel sesuai dengan parameter pengujian yang dibutuhkan.
4. Melakukan pengujian terhadap fungsionalitas dan performa dari alat yang telah direalisasikan untuk memverifikasi bahwa alat dapat bekerja sesuai dengan rancangan dan mampu memberikan hasil yang konsisten dan akurat, sebagai solusi atas kelemahan metode pengujian manual.

1.5 Batasan Tugas Akhir

1. Sistem Pengujian *Repeated Bending*: Perancangan mekanisme *repeated bending* terbatas pada gerakan yang dihasilkan oleh *stepper* motor. Gerakan pembengkokan diatur pada sudut 0° , 90° , 0° , dan -90° secara berulang sesuai dengan jumlah siklus yang diinput oleh pengguna.
2. Sistem Pengujian *Twist Test*: Sistem pengujian puntir (*twist*) dirancang menggunakan *stepper* motor yang mampu melakukan rotasi penuh 360° secara kontinu. Jumlah putaran dapat diatur dalam rentang 2.5 hingga 5 putaran untuk setiap siklus pengujian.
3. Sistem Pemberian dan Pengukuran Beban: Sistem ini terbatas pada penggunaan *linear actuator* yang berfungsi sebagai penarik beban mekanis dengan kapasitas maksimal 1 kg. Beban aktual yang diberikan oleh aktuator akan dideteksi dan diukur oleh sensor *load cell* untuk memastikan kesesuaian dengan standar pengujian.
4. Sistem Kendali dan Penggerak: Keseluruhan alat dikendalikan oleh sebuah mikrokontroller yang memiliki pin *input/output* lebih dari 10 serta kemampuan pemrosesan yang cukup untuk menjalankan semua komponen secara *independent*. Penggerak motor (*driver motor*) yang digunakan memiliki spesifikasi dan kapabilitas yang disesuaikan untuk mengoperasikan *stepper* motor dalam rentang tegangan dan arusnya.
5. Fokus Pengujian: Penelitian ini hanya berfokus pada pengujian ketahanan mekanis (pembengkokan dan puntiran) dan tidak mencakup pengujian parameter optik lainnya seperti pengukuran redaman (*attenuation*) secara langsung pada alat.