

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi pada zaman sekarang sangat maju apalagi dibidang biomekanika dalam bidang biomekanika juga memberikan kontribusi cukup signifikan terhadap perkembangan zaman apalagi pemahaman mendalam mengenai gaya dan gerak tubuh manusia. Salah satu alat yang banyak digunakan dalam ilmu biomekanika dan analisis adalah *Force plate* atau bisa disebut pelat gaya. *Force plate* merupakan alat ukur yang khusus dirancang untuk mendeteksi dan mengukur gaya reaksi tanah yang terjadi ketika seseorang berdiri, berjalan, melompat, atau melakukan aktivitas lainnya yang berkaitan dengan gerak tubuh manusia.

Tim penelitian Ergonomi-Sisman telah berhasil mengembangkan sebuah instrumen *motion capture* berbasis *Inertial Measurement Unit* (IMU) yang dinamakan esMOCA. Instrumen ini berfungsi untuk merekam gerakan subjek manusia, menganalisis variabel-variabel kinematika gerakan, melakukan asesmen risiko ergonomi, serta mengestimasi variabel-variabel biomekanika yang berkaitan. Validasi terhadap pengukuran variabel kinematika gerak dengan menggunakan esMOCA telah dilakukan dalam penelitian-penelitian sebelumnya, menunjukkan hasil yang akurat dan dapat diandalkan (Antika Sari, Arendra and Akhmad, 2017).

Namun demikian, pengukuran variabel dinamika, seperti gaya dan momen pada setiap sendi, belum dapat tervalidasi sepenuhnya akibat keterbatasan dalam ketersediaan alat ukur pembanding yang sesuai. Beberapa variabel dinamika yang dihasilkan oleh esMOCA sebenarnya dapat divalidasi, khususnya terkait posisi dan besar gaya tumpuan *Ground Reaction Force* (GRF) pada kaki kanan dan kiri.

Untuk mengatasi kendala tersebut, tim Ergonomi-Sisman mengambil langkah bertahap dengan merancang dan mengembangkan *force plate* sederhana. *Force plate* ini dirancang agar mampu mengukur besar gaya reaksi tanah (GRF) serta menentukan posisi *Center of Pressure* (CoP) masing-masing kaki secara terpisah. Pengembangan dilakukan menggunakan sensor *load cell* yang tersedia di pasaran dengan harga yang relatif terjangkau, guna memastikan keberlanjutan riset dengan biaya yang lebih efisien.

Berbeda dari *force plate* konvensional yang umumnya menggunakan satu *platform* dengan empat buah *load cell*, desain yang dikembangkan oleh tim ini menggunakan dua buah *force plate* kembar, masing-masing dilengkapi dengan tiga buah *load cell*. Susunan

load cell pada masing-masing *plate* diatur dalam konfigurasi X, yang dioptimalkan untuk memudahkan estimasi GRF dan CoP kaki kanan dan kiri secara simultan. Dengan konfigurasi ini, diharapkan pengukuran distribusi gaya dan posisi tekanan lebih presisi, serta mampu mendukung validasi variabel biomekanika yang diestimasi oleh instrumen esMOCA.

Pengembangan *force plate* berbasis susunan *load cell* jamak ini menjadi solusi penting dalam mendukung validitas data dinamika gerakan manusia, memperkaya kapabilitas esMOCA, dan memperluas aplikasinya dalam penelitian-penelitian ergonomi dan biomekanika di masa depan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh pembebanan vertikal dan koordinat posisi pembebanan pada *force plate* terhadap pembacaan konfigurasi X *load cell* tumpuan *force plate*?
2. Bagaimana estimasi GRF dan koordinat posisi CoP berdasarkan pembacaan konfigurasi X *load cell* tumpuan *force plate*?
3. Bagaimana model untuk mengestimasi GRF dan koordinat posisi CoP berdasarkan pembacaan konfigurasi X *load cell* tumpuan *force plate* dan bagaimana kebenaran model estimasi GRF dan koordinat posisi CoP?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang akan dilakukan berdasarkan beberapa poin berikut:

1. Menguji kebenaran akurasi dan presisi pengukuran *load cell* terhadap alat ukur pembanding.
2. Membangun dan membuktikan kebenaran *model inverse dynamic force plate force plate load cell* susunan penataan X, dengan asumsi berat *platform* diabaikan.
3. Membuktikan kebenaran model estimasi GRF dan koordinat posisi CoP berdasarkan pembacaan beban *load cell* susunan penataan X, dengan asumsi berat *platform* diabaikan.

1.4 Asumsi dan Batasan Masalah

Batasan masalah berfungsi sebagai kerangka yang membatasi ruang lingkup penelitian, sehingga penelitian dapat dilakukan secara lebih terarah dan mendalam. Berikut merupakan batasan dalam penelitian yang akan dilakukan:

1. Asumsi osilasi *load cell* diabaikan. Dengan demikian, penelitian ini tidak membahas respon *transien* dan respon dinamik pengukuran. Skripsi ini hanya meneliti respon pengukuran *steady-state* atau kondisi *equilibrium* statis.
2. Asumsi gaya yang dominan dalam pengukuran *force plate* adalah gaya vertikal sumbu Z. Sehingga batasan masalah gaya-gaya horizontal sumbu X dan sumbu Y tidak dibahas dalam penelitian ini. Untuk memenuhi asumsi ini, kaki *force plate* dilengkapi pengatur kedataran untuk menjamin permukaan yang datar, meminimalkan proyeksi gaya horizontal dan konstruksi beban pembanding diatur supaya dapat berdiri vertikal seimbang diatas satu kaki karet berdiameter 36 mm.
3. Penelitian ini dibatasi tidak membahas pengembangan rangkaian papan circuit elektronik dan pengembangan *user interface software* aplikasi. Diasumsikan bahwa konsep pengukuran masih perlu diuji secara teoritis dan empiris, sebelum mengembangkan *prototype* teknologi instrumentasi berdasarkan model konsep ini.
4. Asumsi berat *platform* dapat diabaikan dalam model mekanika gaya-gaya yang bekerja pada *force plate*, sehingga penelitian ini dibatasi tidak menyertakan berat *force plate* dalam persamaan keseimbangan gaya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang akan didapat setelah penelitian dilakukan sebagai berikut

1. Memberikan model fisik matematik untuk estimasi GRF dan koordinat posisi CoP yang teruji secara teoritis dan empiris, sebagai dasar pengembangan *hardware* dan *software* teknologi pengukuran GRF dan koordinat posisi CoP yang valid.
2. Memberikan model dan data pembanding untuk analisis komparasi dengan Model Estimasi *Ground Reaction Force* (GRF) dan Posisi *Center of Pressure* (CoP) menggunakan susunan *Load cell* jamak konfigurasi X.
3. Memberikan basis data awal untuk kurva kalibrasi setup pengukuran GRF dan koordinat posisi CoP.
4. Memberikan basis data awal untuk penilaian karakteristik statis setup pengukuran GRF dan koordinat posisi CoP.
5. Memberikan setup awal pengumpulan data untuk penilaian karakteristik dinamis pengukuran GRF dan koordinat posisi CoP.

1.6 Sistematika Penulisan Proposal

Penyusunan laporan ini menjabarkan Model Estimasi *Ground Reaction Force* (GRF) dan *Posisi Center of Pressure* (CoP) menggunakan *Twin Force plate*, disusun dalam sistematis berikut:

1. Bab pertama memberikan uraian awal mengenai permasalahan dan celah penelitian yang masih belum terjawab dalam kajian biomekanika. Bab ini menegaskan urgensi pengembangan serta penerapan metode estimasi *Ground Reaction Force* (GRF) sebagai salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Selain itu, dipaparkan tiga tujuan utama dalam penelitian, kontribusi yang diharapkan dalam memperkaya dan menghubungkan keilmuan yang telah ada, serta asumsi-asumsi yang dijadikan landasan dalam pelaksanaan penelitian. Bab ini juga menjelaskan ruang lingkup dan batasan penelitian, terutama aspek-aspek yang tidak dibahas lebih lanjut dalam skripsi, khususnya terkait pengembangan model estimasi GRF dan penentuan *Center of Pressure* (CoP) menggunakan sistem *twin force plate*.
2. Bab kedua yang membahas Dasar Teori dan Kajian Pustaka disusun ke dalam dua bagian utama, yaitu subbab konstruksi teori dan subbab kajian pustaka. Pada bagian konstruksi teori diuraikan landasan konseptual dan teoritis yang menjadi dasar pengembangan model estimasi *Ground Reaction Force* (GRF) serta penentuan posisi *Center of Pressure* (CoP) menggunakan sistem *twin force plate*. Subbab ini menjelaskan perancangan dan pembangunan model estimasi yang mengacu pada prinsip-prinsip mekanika teknik dan teori pengukuran, sehingga membentuk kerangka konseptual dalam proses estimasi GRF dan CoP. Selain itu, pada bagian ini dirumuskan tiga hipotesis penelitian sebagai solusi teoritis atas permasalahan yang diangkat, serta dipaparkan teori-teori metrologi dan statistik yang mendasari pengujian hipotesis tersebut. Selanjutnya, pada subbab kajian pustaka dilakukan pembahasan secara komprehensif mengenai identifikasi kesenjangan penelitian dalam bidang biomekanika, serta perbandingan pendekatan estimasi GRF dan CoP yang ditawarkan dalam penelitian ini dengan penelitian-penelitian terdahulu. Bagian ini juga menegaskan posisi dan kontribusi penelitian dalam konteks perkembangan kajian sebelumnya, sehingga menunjukkan nilai tambah ilmiah penelitian ini dalam pengembangan ilmu biomekanika.
3. Bab ketiga memaparkan metodologi penelitian yang digunakan untuk menguji hipotesis dalam skripsi Model Estimasi GRF dan Posisi CoP menggunakan *Twin Force plate*. Proses penelitian diawali dengan perancangan percobaan yang

berlandaskan teori-teori metrologi statistik, termasuk penentuan sampel yang dibutuhkan dalam pengujian hipotesis estimasi GRF dan CoP. Tahapan berikutnya meliputi perancangan serta perakitan sensor *load cell* dan sistem akuisisi data digital yang dikembangkan berdasarkan teori serta keterampilan di bidang elektronika industri, instrumentasi, dan kontrol. Selanjutnya, rancangan setup percobaan *Twin Force plate* disusun menggunakan keterampilan CAD modelling, kemudian difabrikasi dan dirakit dengan menerapkan teori serta praktik proses manufaktur dan perancangan alat bantu kerja. Akhirnya, dilakukan tahap pengumpulan data percobaan untuk memperoleh hasil estimasi GRF dan CoP menggunakan setup percobaan *Twin Force plate* yang telah dikembangkan.