

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Epidemiologi maloklusi dan perawatan ortodontik merupakan dua hal yang saling berkorelasi. Maloklusi menduduki prioritas ketiga isu kesehatan global (Singh & Sharma, 2014) dan berdasarkan studi metaanalisis yang dilakukan oleh Lombardo *et al.* (2020) prevalensi maloklusi di dunia sebesar 56%. Di Indonesia, 80% dari populasi mengalami maloklusi (Ardani *et al.*, 2019). Lebih jauh lagi, berdasarkan variasi etnik, maloklusi Kelas I lebih umum terjadi pada ras Negroid, maloklusi Kelas II lebih sering ditemui pada ras Kaukasoid, dan prevalensi tertinggi maloklusi Kelas III terdapat pada ras Mongoloid (Alhammadi *et al.*, 2018).

Maloklusi merupakan disharmoni struktur dentokraniofasial yang meliputi, struktur gigi, skeletal, dan jaringan lunak yang dapat mengganggu sistem stomatognatik dan fungsi orofasial (Ardani *et al.*, 2019). Etiologi maloklusi hanya dapat diprediksi dan sulit untuk diidentifikasi secara definit karena maloklusi adalah hasil interaksi multi faktor; faktor lingkungan, genetik, penyebab spesifik (gangguan pertumbuhan pada periode embrionik, fetal, perinatal, dan menuju remaja atau dewasa) dan/atau ketiganya dipercaya para ahli berkontribusi pada terjadinya anomali dentokraniofasial (Mitchell, 2013; Proffit *et al.*, 2013; Ardani *et al.*, 2019).

Kompleksitas kasus maloklusi mendorong berkembangnya ortodontik-ortopedi dentofasial dengan penjangkaran pada tulang. Pendekatan ini dipilih karena efektivitas yang baik dalam perubahan diskrepansi skeletal dengan kompensasi minimal pada gigi. Kesuksesan modalitas terapi ortodontik-ortopedi

dentofasial memerlukan penjangkaran yang baik dengan mempertimbangkan kooperatif pasien (Chang & Tseng, 2014). Oleh karena itu, sulit dicapai dengan penjangkaran konvensional. Limitasi ini dapat diatasi dengan menggunakan *Temporary Anchorage Device* (TAD) (Ardani *et al.*, 2019).

TAD jenis *miniscrew* telah menjadi paradigma baru sebagai penjangkaran perawatan kasus kompleks maloklusi selama dua dekade terakhir. *Miniscrew* telah menjadi *gold standard* penjangkaran seiring dengan keberhasilannya dalam menyelesaikan kasus kompleks maloklusi serta keunggulannya yang meliputi minimal invasif, ukurannya yang kecil memungkinkan *miniscrew* untuk multifungsi, *immediate loading*, dan biaya yang relatif ekonomis. Melihat popularitas *miniscrew* semakin meningkat di kalangan klinisi ortodontik dan potensi *miniscrew* sebagai alternatif bedah ortognatik dalam memperbaiki disharmoni dentokraniofasial, mendorong pengembangan *miniscrew* sehingga dapat meningkatkan keberhasilan aplikasi *miniscrew* (Chang & Tseng, 2014; Mizrahi, 2016).

Titanium (Ti) adalah material eminen yang menjadi pilihan utama komposisi *miniscrew* karena biokompatibilitas yang baik, resisten terhadap korosi, dan sifat mekanis yang unggul (Mishra & Chowdhary, 2019). Namun, perbedaan yang kontras antara nilai modulus elastisitas Ti dan tulang menimbulkan *stress shielding effect* sehingga *miniscrew* menjadi tidak stabil (Schwitalla *et al.*, 2015). Selain itu, pelepasan ion Ti memicu komplikasi terkait reaksi hipersensitivitas IV (Goutam *et al.*, 2014) dan menimbulkan hamburan radiasi yang berbahaya bagi jaringan (Friedrich *et al.*, 2012).

Ketergantungan suplai impor *miniscrew* Ti di Indonesia, memotivasi peneliti untuk mengeksplorasi biomaterial alternatif yang dapat digunakan untuk manufaktur *miniscrew* sehingga dapat menekan biaya produksi. PEEK menawarkan spesifikasi

material mekanis superior dan perbedaan modulus elastisitasnya yang tidak signifikan dengan tulang dapat mengurangi *stress shielding effect* sehingga memperoleh kestabilan yang baik (Mishra & Chowdhary, 2019). Sifatnya yang radiolusen memberikan kompatibilitas yang baik dengan citra resonansi magnetik sehingga mengurangi risiko penampakan artefak (Suphangul *et al.*, 2022). Oleh sebab itu, PEEK berpotensi menjadi substitusi Ti sebagai material *miniscrew*.

Optimasi desain dalam inovasi fabrikasi *miniscrew* PEEK sangat fundamental untuk memperoleh stabilitas primer yang cukup. Faktor yang mempengaruhi stabilitas primer diantaranya adalah variasi diameter dan panjang *miniscrew*. Oleh sebab itu, guna memperoleh desain yang optimal perlu dilakukan riset terhadap mekanisme biomekanik *miniscrew* PEEK terhadap modifikasi diameter dan panjang. Observasi mekanisme biomekanik hampir tidak memungkinkan dilakukan dengan pendekatan *in vivo* dan memperhitungkannya secara analitis. Hal ini karena keterbatasan indeks mekanik yang dapat dikalkulasi, kontrol variabel *output* yang sulit, dan diversifikasi sampel yang besar (Liu *et al.*, 2012).

Simulasi digital menggunakan *finite element analysis* (FEA) adalah solusi untuk menyelesaikan permasalahan ini secara efektif dan efisien. FEA adalah teknologi mutakhir yang dapat mensimulasikan mekanisme biomekanik menggunakan teknik numerik dengan mendiskritisasi struktur menjadi elemen-elemen yang saling terhubung satu sama lain melalui *node* (Bandela *et al.*, 2021). Peneliti berharap riset ini dapat menjadi dasar dalam penentuan desain yang optimal untuk pengembangan manufaktur *miniscrew* berbahan dasar PEEK sebagai inovasi material alternatif.

1.2 Rumusan Masalah

- a. Apakah *miniscrew* berbahan dasar PEEK dapat menjadi material alternatif *miniscrew*?
- b. Berapa diameter optimal *miniscrew* PEEK yang menghasilkan stabilitas terbaik berdasarkan kinerja biomekanik dengan 3D *finite element analysis*?
- c. Berapa panjang optimal *miniscrew* PEEK yang menghasilkan stabilitas terbaik berdasarkan kinerja biomekanik dengan 3D *finite element analysis*?

1.3 Tujuan

1.3.1 Tujuan Umum

- a. Mengetahui apakah *miniscrew* berbahan dasar PEEK dapat menjadi material alternatif *miniscrew*.
- b. Mengetahui optimasi desain berdasarkan diameter dan panjang *miniscrew* PEEK dengan 3D *finite element analysis*.

1.3.2 Tujuan Khusus

- a. Mengetahui ukuran diameter optimal *miniscrew* PEEK yang menghasilkan stabilitas terbaik berdasarkan kinerja biomekanik dengan 3D *finite element analysis*.
- b. Mengetahui ukuran panjang optimal *miniscrew* PEEK yang menghasilkan stabilitas terbaik berdasarkan kinerja biomekanik dengan 3D *finite element analysis*.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi atau acuan referensi ilmiah mengenai material alternatif serta optimasi desain *miniscrew* berbahan dasar PEEK berdasarkan dual parameter, yakni diameter dan panjang untuk menghasilkan stabilitas terbaik.

1.4.2 Manfaat Praktis

Sebagai referensi ilmiah untuk pengembangan inovasi manufaktur *miniscrew* berbahan dasar PEEK yang menjadi material alternatif *miniscrew*.