



**Gambar 2.1 Empat macam Struktur Produk**

- (a) Seri : satu produk satu-level ; (b) Paralel : multi produk satu-level dengan proses seri ;  
 (c) Assembly : satu produk multi-level, tidak terjadi kesamaan komponen; (d) General :  
 satu produk multi-level, terjadi kesamaan komponen

dengan meminimumkan waktu penyelesaian terpanjang dari seluruh operasi, maka fungsi tujuan dapat dinyatakan sebagai Min F. Notasi  $\alpha$  adalah bilangan besar positif.

## 2.2 Penjadwalan Produk Berstruktur Multi-Level

Berdasarkan strukturnya, setiap produk dapat dibedakan atas produk yang berstruktur satu-level dan produk yang berstruktur multi-level. Produk-produk yang berstruktur satu-level biasa disebut juga sebagai komponen tunggal, yaitu produk-produk yang hanya membutuhkan serangkaian operasi permesinan dengan urutan proses (*routing*) tertentu. Produk-produk yang mempunyai struktur *multi-level*, terdiri dari sejumlah part atau komponen yang harus diproses melalui serangkaian operasi permesinan dan perakitan hingga menjadi produk akhir. Billington et. al. [1983] menggambarkan struktur produk ini seperti pada Gambar 2.1.

Meskipun tidak dinyatakan secara eksplisit, persoalan penjadwalan pada umumnya berkaitan dengan penjadwalan produk-produk yang berstruktur satu level. Padahal pada sistem manufaktur yang sebenarnya, produk-produk yang berstruktur multi-level lebih banyak

dijumpai. Pada struktur multi-level ini, hubungan ketergantungan (*precedence relationship*) di antara proses permesinan dan proses perakitan dapat dinyatakan sebagai suatu *digraph* G seperti pada Gambar 2.2. Hubungan ketergantungan yang terjadi pada Gambar 2.2 adalah bahwa komponen  $p_1$  dan  $p_2$  harus sudah selesai melalui proses permesinan sebelum proses perakitan sub-rakit  $S_1$  dilakukan, dan bahwa sub-rakit  $S_1$  dan komponen  $p_3$  harus sudah selesai sebelum perakitan produk akhir  $S_2$  dimulai.

Setiap tahapan proses dinyatakan dengan level, dimana penomoran level produk dimulai dengan menyatakan level 0 untuk produk akhir, kemudian nomor level bertambah satu pada setiap langkah mundur hingga mencapai komponen dasar. Secara tidak langsung, Gambar 2.2 di atas juga menunjukkan bahwa operasi-operasi yang harus dijadwalkan terdiri dari operasi-operasi yang bersifat seri, paralel, dan campuran keduanya. Pada sistem seperti ini maka *delay* yang terjadi bukan hanya karena menunggu mesin siap untuk memproses, tapi juga karena harus menunggu seluruh komponen yang akan dirakit selesai, sebelum operasi perakitan dapat dilakukan.