

# Perancangan Pola Cetakan dan Penjadwalan Mesin pada Produk *Iron Ductile*

**Cucuk Nur Rosyidi, Lobes Herdiman**

Jurusan Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

---

## **Abstract**

*Designing of pattern at iron ductile product later on machinery process, it can be comprehend that correctness of workpiece dimension made at coran with acute angle which difficult to make. Other consideration is media weared in moulding. Workpiece dimension that made have to can eliminate the occurring of air bubble, holes tail and can improve the nature of mechanical. Mould pattern require to be performed by treatment to prevent the occurring of inappropriate among small radius and wide radius that to be made sufficiently to guarantee influence of addition. Machinery process represent final solution process before painting is conducted. Scheduling of machinery become compulsion for work which do not permit the existence of interrupting.*

**Keywords** : iron ductile, makespan, Mc. Naughton Algorithm

---

## **1. Pendahuluan**

Pada saat pengecoran logam dilakukan terdapat tiga bagian penting yaitu (a) pembuatan model, (b) bagian pembuatan cetakan dan (c) bagian peleburan logam. Dalam pembuatan benda coran harus merencanakan terlebih dahulu pola benda bersangkutan, dilanjutkan dengan pembuatan cetakan yang umumnya terbuat dari pasir dan cetakan tersebut di isi logam cair. Hasil produk coran dapat berupa produk jadi atau produk yang masih memerlukan proses pengerjaan lanjut. Pada kasus perancangan pola cetakan untuk produk iron ductile masih diperlukan proses lanjutan yaitu proses pembubutan, yang mana agar penggunaan sumber atau mesin efisien dan waktu pengerjaan menjadi lebih baik maka diperlukan upaya penjadwalan terhadap sumber dan tugas yang harus dikerjakan.

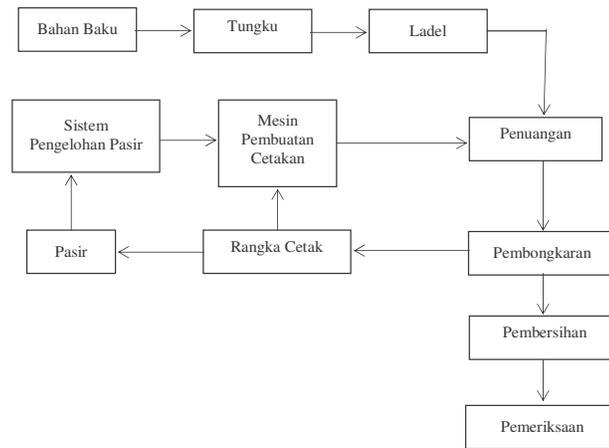
Penjadwalan meliputi pemakaian teknik penyelenggaraan proses produksi, tingkat kesulitan dalam persoalan dari proses yang berlangsung, keadaan model dan pemilihan kriteria.. Unsur penting dalam penjadwalan adalah sumber dan tugas. Sumber ditandai dalam batasan kemampuan kuantitatif dan kualitatif, sehingga model dapat menentukan jenis dan jumlahnya. Tugas atau pekerjaan, ditentukan dalam batas informasi seperti kebutuhan sumbernya, duration merupakan waktu mulainya dan kapan batas waktu berakhirnya. Setelah mengetahui produk apa yang akan dibuat, skala produksinya dan sumber daya, barulah melibatkan penjadwalan.

Tujuan dan manfaat dari perencanaan pembuatan pola coran meliputi (a) mengetahui pembuatan model yang merupakan langkah awal dalam proses pengecoran, (b) mampu menjadwalkan permesinan yang ada bagi penyelesaian akhir produk.

## **2. Tinjauan Pustaka**

Dalam bidang pengecoran ketiga hal yang pembuatan benda tuang atau coran harus tersedia model, cetakan dan logam cair. Sedangkan bagian lain adalah bagian pengujian bahan

cetakan yang umumnya pasir cetak dan bagian pengujian sifat karakteristik logam, untuk lebih jelasnya diuraikan pada gambar 1 yang merupakan skematik proses pengecoran yaitu :



**Gambar 1.** Skematik proses pengecoran logam

## 2.1 Teknik pembuatan pola

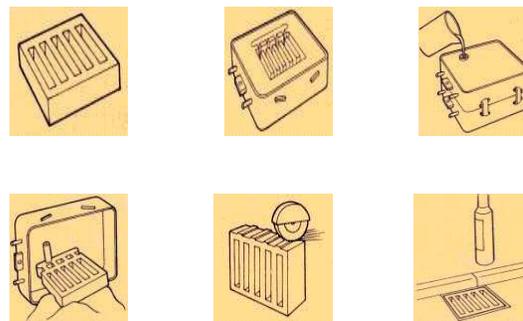
Model atau pola sering disebut dengan “mold” adalah alat untuk membuat rongga pada cetakan yang dalam proses pengecoran akan di isi cairan logam, jika membuat benda cor dalam jumlah sedikit, atau benda cor sederhana, atau mempergunakan cetakan tetap maka polal tidak diperlukan. Sebagai gantinya, diperlukan tukang cetak yang ahli dalam membuat rongga-rongga cetak. Pembuatan pola perlu diperhatikan hal-hal berikut ini, yaitu (a) usahakan pola dibuat semudah-mudahnya, (b) kestabilan inti, sehingga tidak terjadi pergeseran sewaktu proses penuangan logam cair yang akan menyebabkan cacat coran, (c) proses pembuatan cetakan, pola harus mudah diambil sehingga tidak merusak cetakan, (d) mempermudah pembongkaran cetakan, (e) posisi permukaan pisah, (f) penetapan arah kup dan drag, (g) kemiringan pola dan (h) tambahan ukuran untuk proses penyusutan dan pengerjaan selanjutnya (permesinan). Umumnya pola dibuat dari kayu atau logam, dalam hal khusus pola dibuat dari lilin. Kayu dipilih karena murah, pola lebih cepat dan lebih mudah dibuat dan umumnya kayu digunakan untuk cetakan pasir. Sehingga kayu yang sering dipakai adalah kayu jati, kayu mahoni, kayu pinus, multi-plex yang cocok untuk landasan pola. Setelah pola selesai dibuat tersebut dihaluskan dengan amplas dan lubang-lubang bekas paku atau sekrup ditutup dengan dempul. Kemudian pola dicat untuk menghilangkan alur-alur serat kayu, melindungi pola dari kelembaban di ruang penyimpanan dan melindungi perembesan air dari pasir cetak. Logam dipilih karena tahan lama, sehingga dapat menjaga ketelitian benda cor (produk masa), umumnya logam yang dipakai yaitu besi cor karena tahan panas dan aluminium karena mudah dikerjakan dan ringan.

## 2.2 Prinsip-prinsip dalam merancang pola

Pengaruh tebal benda cor, ketebalan benda cor yang sangat tipis akan menyebabkan cacat ‘salah alir’ pada hasil coran. Salah alir adalah cacat yang disebabkan logam cair tidak cukup mengisi rongga cetakan. Untuk menghindari cacat ini, ketebalan benda cor harus ditambah, harga minimumnya tergantung pada bahan coran. Khusus coran aluminium, persentase untuk mengurangi kecacatan adalah (1) ketebalan dinding 1 mm sebesar 80%, (2) ketebalan dinding

1,5 mm sebesar 35%, (3) ketebalan dinding 2 mm sebesar 10%. Perubahan tebal coran, tebal coran sebaiknya tidak mendadak karena proses pembekuan menjadi tidak merata. Bagian tebal akan membeku terakhir, perbedaan besar saat pembekuan ini menyebabkan cacat 'rongga penyusutan' atau cacat 'retakan' di dinding yang tebal. Oleh karena itu, gradien perubahan tebal pada satu sisi disarankan sebesar 15 derajat pada kedua sisi sebesar 7,5 derajat.

Penetapan permukaan pisah, jika tidak memungkinkan pembuatan pola secara tunggal maka pola tersebut dibelah. Penetapan permukaan atau bidang pisah harus memperhatikan ketentuan-ketentuan yang meliputi (a) pola mudah dikeluarkan dari cetakan, (b) permukaan pisah harus satu bidang, agar memudahkan pencetakan, (c) jumlah permukaan pisah diusahakan sedikit-dikitnya, agar menghemat waktu proses pembuatan cetakan, (d) pemasangan inti harus mudah dan kedudukan (telapak) inti harus kuat sehingga tidak terjadi pergeseran inti sewaktu penuangan logam cair. Pengaruh penyusutan, penyusutan terjadi karena proses pembekuan dan pendinginan logam cair. Hal ini mengakibatkan ukuran benda cor harus ditambahkan sesuai dengan persentase penyusutannya, penambahan ukuran ini tergantung pada bahan benda cor. Tambahan ukuran untuk pengerjaan lanjut, pada bagian tertentu dari benda tuang yang memerlukan pengerjaan lanjut perlu ditambahkan ketebalannya. Bagian atas (kup) memerlukan tambahan lebih besar dibandingkan dengan bagian bawah (drag), karena di bagian atas biasanya kotor dan bergelombang, seperti digambarkan pada gambar 2 berikut ini.



**Gambar 2.** Proses pembuatan iron ductile

Kemiringan pola, untuk memudahkan atau pengambilan pola dari cetakan dan untuk menghindari kerusakan cetakan, maka permukaan bidang tegak model terhadap bidang pisah harus dimiringkan mulai dari bidang pisah.

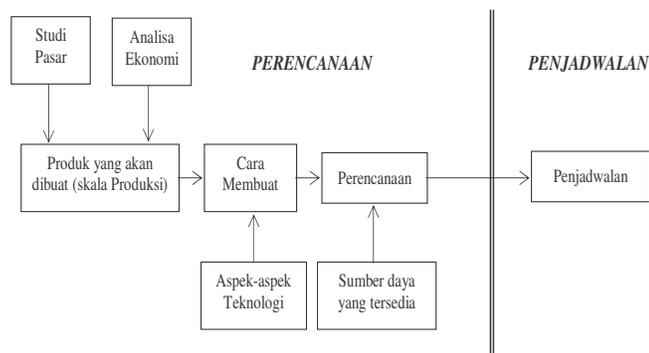
### 2.3 Macam-macam pola

Pola pejal yang meliputi (a) pola tunggal, benda cor berbentuk sederhana dan kecil hanya memerlukan pola tidak dibelah, (b) pola belahan, untuk memudahkan pembuatan cetakan, (c) pola setengah, jika bentuk bagian kup dan drag simetri terhadap permukaan pisah, (d) pola belahan banyak, dalam hal bentuk benda cor rumit dan besar, (e) pola penarikan terpisah, pola perlu dibagi menjadi beberapa bagian.

### 2.4 Penjadwalan permesinan

Pengalokasian sumber dalam melaksanakan tugas-tugas selama periode tertentu. Pengertian penjadwalan terdapat dua keputusan yaitu keputusan alokasi sumber yang tersedia

dan keputusan pengaturan (pengurutan) tugas. Penjadwalan menjadi masalah setelah deskripsi tugas-tugas yang akan dijadwalkan sudah jelas dan konfigurasi sumber sudah ditetapkan, sebagai ilustrasi dapat dijelaskan pada gambar 3 dibawah ini.



**Gambar 3.** Keputusan perencanaan dan keputusan penjadwalan

Penjabaran tujuan pengambilan keputusan ke dalam fungsi tujuan secara eksplisit dan penjabaran pembatas pengambilan keputusan ke dalam konstrain, hal ini terdapat tiga tujuan pengambilan keputusan antara lain (1) efisiensi penggunaan sumber, (2) respon yang cepat terhadap permintaan dan (3) penyesuaian terhadap dead line yang sudah ditetapkan. Menurut definisi penjadwalan ada dua keputusan yang diperlukan dalam proses penjadwalan yaitu keputusan pengurutan pekerjaan dan keputusan pengalokasian mesin.

### 3. Pemecahan Masalah

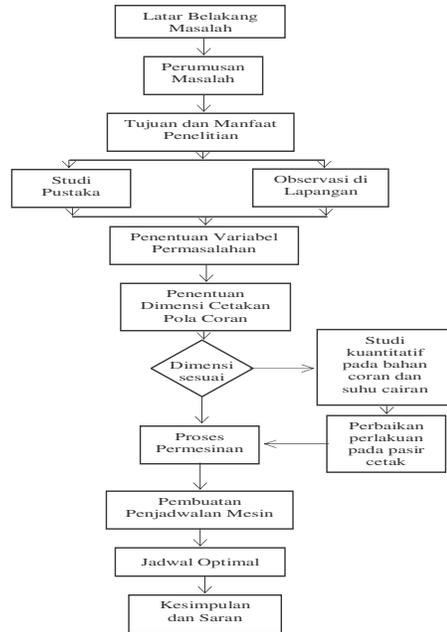
Studi perancangan pola cetakan dan penjadwalan mesin pada produk *iron ductile* merupakan studi kasus yang bersifat deskriptif kuantitatif dengan pembahasan awal pada proses pembuatan pola cetakan coran terhadap dimensi benda kerja dan di akhir pembahasan pada pembuatan jadwal permesinan ditekankan pada estimasi waktu permesinan untuk memperoleh jadwal tanpa adanya interupsi. Metodologi pemecahan kasus ini dijelaskan pada gambar 4 berikut ini.

Metode untuk membuat jadwal optimal pada masalah ini adalah algoritma Mc. Naughton, minimum makespan ( $M^*$ ) didefinisikan sebagai :

$$M^* = \max \left\{ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n t_j, \max_j [t_j] \right\} \quad (1)$$

Algoritma Mc. Naughton, yaitu :

- Langkah 1 : Pilih beberapa pekerjaan untuk diproses pada mesin 1 pada saat nol
- Langkah 2 : Pilih pekerjaan yang belum terjadwal, jadwalkan seawal-awalnya pada mesin utama yang sama. Ulangi langkah ini sampai waktu kerja mesin mencapai  $M^*$  (atau sampai semua pekerjaan terjadwal)
- Langkah 3 : Tugaskan kembali sisa pekerjaan pada mesin berikutnya, dimulai pada saat nol. Kembali ke langkah 2



**Gambar 4** Metodologi penyelesaian masalah

Penyelesaian optimal untuk masalah seperti ini tidak unik, walaupun demikian algoritma di atas hanya menghasilkan satu penyelesaian dari beberapa konfigurasi penyelesaian optimal. Prosedur heuristik adalah prosedur penjadwalan dengan LPT, yaitu :

- Langkah 1 : Bentuk urutan LPT dari semua pekerjaan  
 Langkah 2 : Jadwalkan pekerjaan menurut urutan tersebut, setiap menugaskan pekerjaan pada mesin, pilih mesin yang mempunyai waktu penugasan terkecil. Ulangi langkah ini sampai semua pekerjaan sudah terjadwal

Prosedur heuristik ini tidak menjamin bahwa *makespan* yang dihasilkan optimal. Minimasi *mean flowtime* untuk persoalan mesin paralel dapat didefinisikan yaitu :

$$F = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{i(j)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (n_i - j + 1) t_{i(j)} \quad (2)$$

dimana,  $t_{i(j)}$  adalah waktu proses pekerjaan di urutan  $j$  pada mesin  $F_{i(j)}$  adalah *flowtime* pekerjaan di urutan  $j$  pada mesin  $i$  dan  $n_i$  adalah jumlah pekerjaan yang diproses pada mesin  $i$ , jadi  $n = n_1 + n_2 + \dots + n_m$ . Jika  $n = a * m$ , dimana  $a$  adalah bilangan positif maka setiap mesin dapat dibebani pekerjaan dengan jumlah sama. Setiap mesin dibebani  $n/m$  pekerjaan, langkah-langkah prosedur tersebut antara lain (1) bentuk urutan LPT dari semua pekerjaan, jadwalkan  $m$  pekerjaan pertama pada  $m$  mesin berbeda, tempatkan tiap pekerjaan tersebut pada urutan terakhir masing-masing mesin dan (2) jadwalkan  $m$  pekerjaan berikutnya pada  $m$  mesin berbeda, tempatkan tiap pekerjaan pada urutan terakhir berikutnya pada masing-masing mesin. Ulangi langkah ini sampai semua pekerjaan sudah dijadwalkan.

Prosedur di atas dapat menghasilkan beberapa penyelesaian optimal, karena dari  $m$  pekerjaan yang dijadwalkan secara serentak pada  $m$  mesin dan dapat dilakukan secara sembarangan. Jika prosedur pembuatan jadwal masalah ini dipandang sebagai *one at job a time procedure*, maka langkah-langkahnya yaitu (1) langkah 1, bentuk urutan SPT dari semua

pekerjaan, dan (2) langkah 2, jadwalkan pekerjaan menurut urutan tersebut. Setiap menugaskan terkecil. Jika lebih dari satu alternatif, pilih sembarang. Ulangi langkah ini sampai semua pekerjaan sudah terjadwal.

#### 4. Pembahasan

Coran dibuat dari logam yang dicairkan, dituangkan dalam cetakan yang kemudian dibiarkan mendingin dan membeku. Logam cair dituangkan dengan pengaruh gaya berat, ada juga dengan tekanan pada logam cair selama atau setelah penuangan. Pada produk *iron ductile* mengandung unsur paduan grafit dengan struktur stabil, unsur paduan yang ditambahkan meliputi krom, nikel, molibden, vanadium dan titan. Besi cor kelabu ini memiliki sifat-sifat antara lain ketahanan panas, ketahanan aus, ketahanan korosi dan kemampumesinan yang lebih baik. Tebal minimum coran harus ditentukan sedemikian rupa sehingga mudah dibuat. Dinding yang tipis akan menyebabkan cacat salah alir. Karena itu tebal minimum harus dipilih sesuai dengan bahan yang dipergunakan.

##### 4.1. Perancangan pola cetakan produk *iron ductile*

Faktor penting dari lubang inti pada coran yang harus diperhatikan meliputi bentuk, ukuran dan panjangnya. Pada ujung yang sempit dan panjang, inti akan mengalami pemanasan lanjut, terjadinya fusi dan menyebabkan terbentuknya rongga udara. Karena itu, lubang inti sebaiknya tidak terlalu panjang dan sempit. Perubahan tebal dinding coran sebaiknya tidak mendadak tetapi berangsur-angsur, gradien pada satu sisi disarankan 15 derajat dan kedua sisi 7.5 derajat. Selain faktor-faktor tersebut dalam perancangan pola perlu memperhatikan fasilitas pembuatan cetakan. Pada pembuatan cetakan pasir menggunakan tangan (tidak dengan mesin). Lantai tempat pembuatan cetakan dari pasir sehingga dapat berfungsi sebagai rangka cetak bawah atau drag. Dengan demikian studi rancangan pola coran pada produk *iron ductile* dapat diuraikan sebagai berikut :

##### 1. Bagian mur tutup kaki

Faktor yang diperhatikan pada bagian mur tutup kaki adalah penyusutan, agar diperoleh bidang penyusutan sebesar 2% atas bidang akhir maka diperlukan penambahan ukuran lanjut untuk proses pembubutan seperti pada gambar 5.a, dengan demikian bidang penambahan yang diakibatkan pengurangan hingga bidang akhir ditambahkan setebal 2 mm untuk satu bidang lapisan. Jadi,  $D_1 = 36 + \{0.02 \times 36\} + 4 = 41$  mm dan  $T_1 = 42 + \{0.02 \times 42\} + 4 = 46$  mm.

##### 2. Bidang kepala

Faktor yang perlu diperhatikan untuk membuat bidang kepala perlu diperhatikan inti yang ditumpukan pada lantai berfungsi sebagai rangka cetak bawah termasuk telapak inti beralas tegak. Pola ini termasuk pola pejal dan tunggal yang dicetakan pada rangka cetak kup, seperti pada gambar 5.b. Ukuran pola bidang kepala dan kotak intinya adalah tebal rongga yang akan di isi cairan besi cor menjadi  $d'$ , maka  $d' = 8 = \{0.02 \times 8\} + 4 = 13$  mm. Jadi,  $D_{21} = 167 + 13 = 180$  mm,  $D_{22} = 225 + 13 = 238$  mm,  $T_2 = 170 + \{0.02 \times 170\} + 4 = 165$  mm.

##### 3. Bagian tutup kaki

Perancangan pola ini terhadap faktor yang harus diperhatikan adalah penyusutan dan tambahan ukuran untuk proses lanjutan, maka ukuran yang dapat ditambahkan, seperti pada gambar 5.c yaitu  $D_{31} = 30 + \{0.02 \times 30\} + 4 = 35$  mm,  $D_{32} = 40 + \{0.02 \times 40\} + 4 = 45$  mm,  $D_{33} = 160 + \{0.02 \times 160\} + 4 = 168$  mm,  $D_{34} = 124 + \{0.02 \times 124\} + 4 = 131$  mm,  $D_{31} = 25 + \{0.02 \times 25\} + 4 = 30$  mm,  $T_{32} = 12 + \{0.02 \times 12\} + 4 = 17$  mm dan  $T_{33} = 10 + \{0.02 \times 10\} + 4 = 15$  mm.

#### 4. Bagian kaki

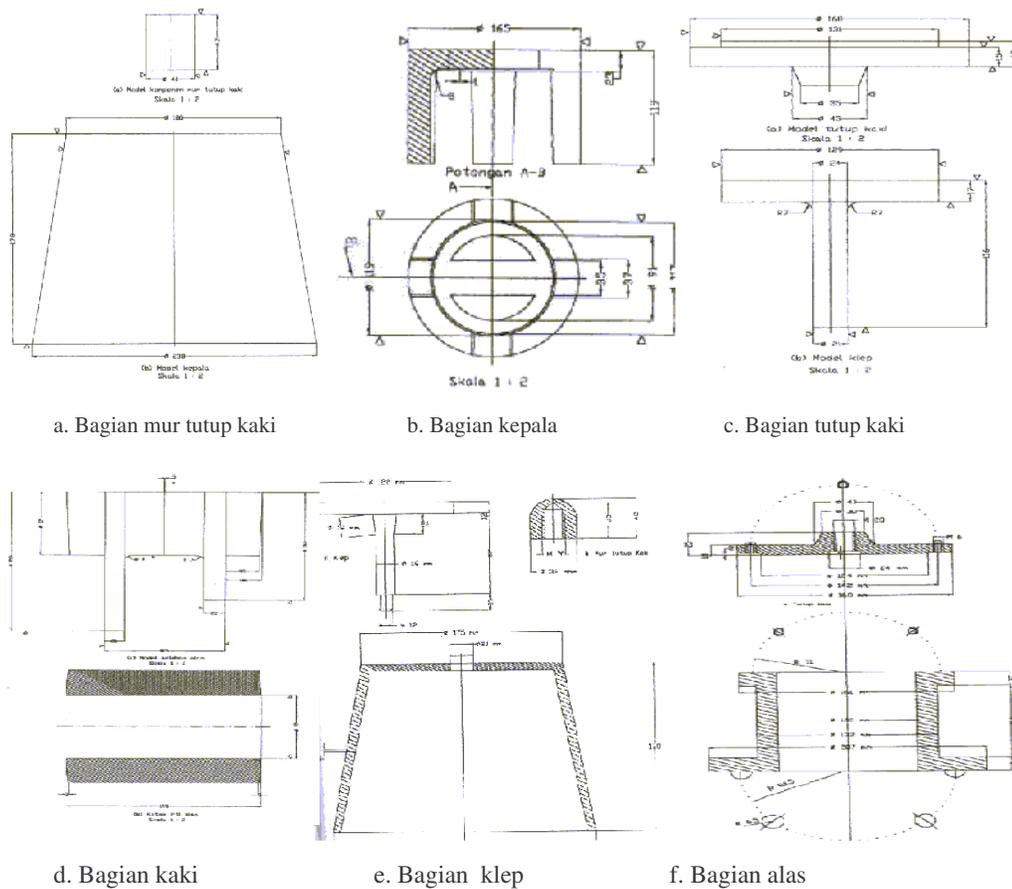
Selain faktor penyusutan dan tambahan ukuran untuk proses lanjut, faktor lain yang harus diperhatikan dalam perancangan pola adalah kemiringan model dan pertemuan dua bidang tegak (sambungan L) seperti pada gambar 5.d, perhitungan bidang kepala perlu dibuat diameter bantu sebesar  $160 - (160 - 92) / 2 = 126$  mm (untuk diameter pusat). Dengan demikian,  $D_{41} = 161 + \{(160 - 126) \times 0.02\} + 4 = 165$  mm,  $D_{42} = 124 - \{(126 - 124) \times 0.02\} + 4 = 119$  mm,  $D_{43} = 92 - \{(126 - 92) \times 0.02\} = 91$  mm, pada bagian kaki tidak ada pengurangan ukuran untuk proses lanjut dimana  $T_{41} = 112 + \{0.02 \times 12\} + 2 = 119$  mm,  $T_{42} = 20 + \{0.02 \times 20\} + 2 = 23$  mm, penambahan ukuran untuk proses lanjut sebesar 2 mm karena hanya dilakukan satu sisi bidang, maka  $T_{43} = T_{42} - \{17 + (0.02 \times 17) + 4\} = 23 - 22 = 1$  mm,  $T_{44} = 34 + \{0.02 \times 34\} = 35$  mm. Untuk menghitung jari-jari ( $R_4$ ), perlu diperhatikan perbandingan ketebalan dua sisi atau bidang yang membentuknya, karena perbandingan kedua sisi adalah  $(T_{42} - T_{43}) : (D_{41} - D_{42}) / 2 = 22 : 23 \leq 1 : 1.5$ , maka  $R_4 = 1/3 \times$  tebal sisi yang besar atau  $R_4 = 1/3 \times 23 = 8$  mm. Sisi yang mengalami kemiringan adalah sisi luar tetap, kemiringan pola yang terbuat dari kayu adalah  $1/30 - 1/100$ . Mengingat cara pembuatan cetakan di perusahaan memakai tangan, maka besar kemiringan pola diambil sebesar  $1/75$  sebagai asumsi ketepatan, sehingga besar kemiringan model yaitu  $1/75 \times \{(T_{41} - T_{42}) + T_{43}\} = 1/75 \times 97 = 1$  mm. Jadi diameter  $D_{42'}$  untuk diameter dalam dari alas bidang dan  $T_{44'}$  lebar kaki bidang pada alas adalah  $D_{42'} = D_{42} - 2 \times 1 = 117$  mm dan  $T_{44'} = T_{44} + 2 \times 1 = 37$  mm.

#### 5. Bagian klep

Ukuran pola bidang ini yang dicetakan pada lantai seperti pada gambar 5.e yaitu  $D_{51} = 122 + \{0.02 \times 122\} + 4 = 129$  mm,  $D_{52} = 19 + \{0.02 \times 19\} + 4 = 24$  mm,  $D_{53} = 16 + \{0.02 \times 16\} + 4 = 21$  mm,  $T_{51} = 109 + \{0.02 \times 109\} + 4 = 116$  mm dan  $T_{52} = 12 + \{0.02 \times 12\} + 4 = 17$  mm. Karena perbandingan  $T_{52} : D_{53} = 17 : 21 \leq 1 : 1.5$ , maka  $R_5 = 1/3 \times 21 = 7$  mm. Kemiringan pola untuk kaki klep adalah  $1/75 \times (T_{51} - T_{52}) = 1$  mm, sedangkan  $D_{52} - D_{53} = 3$  mm yang lebih besar dari  $2 \times 1$  mm, maka kemiringan pola sudah terpenuhi.

#### 6. Bagian alas

Pembuatan bagian alas diperlukan kotak inti, maka untuk menghitung  $D_{63}$  perlu dihitung terlebih dahulu tebal dinding yang diperlukan saat pengecoran (rongga cetak) seperti pada gambar 5.f. Tebal dinding produk jadi adalah  $(132 - 102) / 2 = 15$  mm, sehingga ukuran rongga coran  $(D_{63} - D_{61}) / 2 = 15 + (0.02 \times 15) + 4 = 20$  mm. Maka  $D_{63} = 117 + 20 = 137$  mm. Dengan demikian diameter  $d_{61}$  adalah  $117 - 20 = 97$  mm, tebal dinding bagian atas  $(160 - 102) / 2 = 29$  mm. Ukuran coran  $(D_{61} - d_{61}) / 2 = 29$ , jadi  $29 + \{0.02 \times 29\} + 4 = 34$  mm,  $D_{61} = d_{61} + 2 \times 34 = 165$  mm. Tebal dinding bagian bawah komponen adalah  $(207 - 102) / 2 = 52.5$  mm, sehingga coran  $(D_{62} - d_{61}) / 2 = 52.5$ , jadi  $52.5 + \{0.02 \times 52.5\} + 4 = 58$  mm, maka  $D_{62} = d_{61} + 2 \times 58 = 213$  mm,  $T_{61} = 116 + \{0.02 \times 116\} + 4 = 123$  mm,  $T_{62} = 17 + \{0.02 \times 17\} + 4 = 22$  mm,  $T_{63} = 16 + \{0.02 \times 16\} + 4 = 21$  mm. Karena pola ini dicetak pada posisi melintang, faktor kemiringan pola sudah terpenuhi. Bentuk komponen kosentris. Bidang alas mempunyai dua pertemuan bidang yang membentuk sudut L, sehingga pola komponen ini harus mempunyai kelengkungan pada kedua pertemuan bidang. Kelengkungan dengan jari-jari  $R_{61}$  dan  $R_{62}$ , ukuran  $R_{61}$  tergantung pada perbandingan tebal bidang yang membentuknya. Jadi,  $(D_{63} - d_{61}) / 2 : T_{62} = 20 : 22 \leq 1 : 1.5$ , maka  $R_{61} = 1/3 \times 22 = 7$  mm dan  $R_{62} = (D_{63} - d_{61}) / 2 : T_{63} = 20 : 21 \leq 1 : 1.5$ , maka  $R_{62} = 1/3 \times 21 = 7$  mm.



**Gambar 5.** Perancangan pola cetakan produk *iron ductile*

#### 4.2 Pembuatan penjadwalan permesinan

Ukuran keberhasilan model mesin paralel adalah minimasi *makespan* ( $M$ ) dan minimasi aliran waktu rata-rata. Ke enam pengerjaan merupakan satu kesatuan produk *iron ductile* yang dikerjakan pada 3 mesin bubut, waktu kerja di perusahaan selama 6 jam kerja setiap hari. Tabel 1 dibawah ini merupakan tabel satuan waktu dalam menit.

**Tabel 1.** Waktu rata-rata pengerjaan (menit)

No.	Bagian	Mesin I	Mesin II	Mesin III
1	Mur tutup kaki	27	27	27
2	Kepala	117	117	117
3	Tutup kaki	64	64	64
4	Kaki	124	124	124
5	Klep	63	63	63
6	Alas	102	102	102

Proses pembubutan untuk ke enam bagian produk *iron ductile* merupakan proses apabila terjadi interupsi saat pengerjaan yaitu dilanjutkan pada saat lain. Dengan menggunakan algoritma Mc. Naughton untuk pembuatan jadwal optimal, hasil perhitungannya adalah :

$$M^* = \max \left\{ \frac{1}{3} \sum_{j=1}^6 t_j, \max_j (t_j) \right\} \text{ dengan : } \sum_{j=1}^6 t_j = 497 \text{ menit dan } \max_j (t_j) = 124 \text{ menit, sehingga}$$

$$M^* = \max \left\{ \frac{1}{3} (497), 124 \right\} = \max \{165,67 ; 124\} = 165,67 = 166 \text{ menit (dibulatkan)}$$

Ketiga langkah algoritma Mc. Naughton, maka pekerjaan  $j=1$  dibebankan pada mesin pertama. Kemudian dilanjutkan pada pekerjaan  $j=2$  dan seterusnya sampai mencapai  $M^*$ . Akhirnya sisa pekerjaan dibebankan pada mesin II, setelah mencapai  $M^*$ , sisa pekerjaan dibebankan pada mesin III. Waktu proses pembubutan produk *iron ductile* adalah 166 menit dengan konfigurasi penyelesaian optimal tidak unik dan setiap konfigurasi akan menghasilkan penyelesaian yang sama, jam kerja 6 jam (360 menit) dalam 1 hari kerja, maka dihasilkan  $360/166 = 2,12$  atau 2 produk jadi.

## 5. Kesimpulan dan Saran

Sebagai upaya meniadakan atau mengurangi cacat coran pada produk *iron ductile* yang mungkin timbul dari 6 komponen, hanya 2 komponen yang memerlukan kotak inti yaitu bagian kepala dan bagian alas. ukuran untuk proses lanjut, penentuan telapak inti dan fasilitas pembuatan cetakan. Algoritma Mc. Naughton diperoleh penyelesaian optimal dengan waktu pengerjaan sebesar 166 menit, yang mana penyelesaian ini merupakan penyelesaian optimal dengan waktu menganggur kecil.

Sebagai pertimbangan posisi pola saat pembuatan cetakan dan komponen alas merupakan pola setengah. Dalam pembuatan pola harus senantiasa memperhatikan faktor-faktor yang meliputi bahan coran, tebal dinding minimum untuk bahan, perubahan tebal dinding, sambungan T dan L, penetapan permukaan pisah, penyusutan bahan coran, kemiringan model, tambahan. Masalah yang timbul pada pekerjaan yang tidak mengijinkan interupsi yaitu pengalokasian dari bagian yang dikerjakan mesin yang satu dengan mesin yang lain tidak dimungkinkan, maka dilakukan interupsi pada jadwal permesinan.

## Daftar Pustaka

- Baker, Kenneth R., *Introduction to Sequencing and Scheduling*, John Wiley & Sons, New York, Third Edition, 1994.
- Eory, Donald F and Johnson Gerald E., *Process Engineering for Manufacturing*, Prentice Hall Inc., Englewoods, New Jersey, 1962.
- Surdia, Tata & Chijiwa, Kenji, *Teknik Pengecoran Logam*, PT. Prandnya Paramita, Jakarta, 1980.