

Perencanaan Lokasi Pabrik, Penetapan Kapasitas Produksi & Jumlah Mesin Yang Dibutuhkan Untuk Produksi Roda Gigi

Darma Aviva^{1*}, Hidayat², Abdul Halik³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Samarinda, Kalimantan Timur, 75131, Indonesia

Article Info

Article history:

Received :

February 24th, 2020

Revised :

May 05th, 2020

Accepted

May 28th, 2020

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk merencanakan lokasi terbaik sebagai tempat didirikannya pabrik yang memproduksi roda gigi untuk memenuhi permintaan roda gigi di daerah Kalimantan Timur. Setelah lokasi terbaik diperoleh, menetapkan kapasitas produksi yang paling optimal, memperhitungkan segala keterbatasan yang ada termasuk estimasi produk-produk yang rusak nantinya dalam proses produksi. Dan terakhir, menentukan jumlah dan jenis mesin yang dibutuhkan untuk memproduksi roda gigi tersebut. Alat analisa dalam penelitian adalah Metode Brown Gibson untuk menentukan lokasi pabrik terbaik, analisa secara kuantitatif dan kualitatif sehingga hasil yang diperoleh lebih mendekati kenyataan. Hasil yang diperoleh adalah untuk lokasi yang terbaik bagi didirikannya pabrik roda gigi adalah di Loa Buah Samarinda. Diperoleh hasil tiga macam mesin yang dibutuhkan untuk memproduksi roda gigi adalah mesin bubut sebanyak 5 unit sebagai proses tahap pertama, mesin frais sebagai proses tahap kedua dengan jumlah mesin sebanyak 11 unit, dan terakhir diproses di mesin drill dengan jumlah mesin drill yang dibutuhkan sebanyak 7 unit. Adapun kapasitas produksi adalah sebanyak 442 produk hasil dari proses tahap pertama dengan produk yang rusak sebanyak 13 produk, kemudian sebanyak 429 produk dihasilkan dari proses tahap kedua dengan produk yang rusak sebanyak 20 produk, dan sebanyak 409 produk yang dihasilkan dari proses terakhir yang berupa roda gigi dengan produk roda gigi yang rusak sebanyak 9 produk.

Kata kunci: Brown Gibson, volume produksi, produk cacat, efisiensi

ABSTRAK

This research was conducted to plan the best location as a place for the establishment of factories that produce gears to meet the demand for gears in the East Kalimantan area. After the best location is obtained, determine the most optimal production capacity, taking into account all existing limitations including estimation of damaged products later in the production process. And finally, determine the number and type of machines needed to produce these gears. The analytical tool in this research is the Brown Gibson Method to determine the best factory location, quantitative and qualitative analysis so that the results obtained are closer to reality. The results obtained are for the best location for the establishment of a gear factory in Loa Buah Samarinda. Obtained the results of three types of machinery needed to produce gears are 5 units of lathe as the first stage process, the milling machine as the second stage process with a total of 11 units, and finally processed in a drill machine with 7 units of drilling machines needed. The production capacity is 442 products resulting from the first stage process with 13 products damaged, then 429 products are produced from the second stage process with 20 products damaged, and as many as 409 products produced from the last process in the form of gears with 9 broken gear products.

Keywords: Brown Gibson, production volume, defective products, efficiency

Copyright © 2020 Jurnal Teknologi MEDIA PERSPEKTIF
All rights reserved

Corresponding Author:

Darma Aviva
Department of Mechanical Engineering
Politeknik Negeri Samarinda,
Jl, Ciptomangunkusumo Kampus Gunung Lipan, Samarinda 75131, Indonesia
Email: darmaaviva70@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Penentuan Lokasi Pabrik

Ada dua langkah utama yang seharusnya diambil dalam proses penentuan lokasi suatu pabrik, yaitu pemilihan daerah secara umum dan pemilihan berdasarkan size dari jumlah penduduk dan lahan secara khusus. Pemilihan daerah secara umum adalah untuk mendapatkan informasi secara umum dan setelah itu baru kemudian ditentukan community-nya dan lahan yang dikehendaki secara khusus, yang mana untuk ini alternatif pemilihannya dapat diklasifikasikan ke dalam daerah di kota besar, di pinggir kota, dan jauh di luar kota. Kondisi yang patut dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik untuk masing-masing daerah tersebut adalah sebagai berikut [1]:

a.1 Lokasi di Kota Besar :

Diperlukan tenaga kerja yang terampil dalam jumlah yang besar; proses produksi sangat tergantung pada fasilitas-fasilitas yang umumnya hanya terdapat di kota besar, seperti listrik, gas, dan lain-lain; kontak dengan suppliers dekat dan cepat; sarana transportasi dan komunikasi mudah didapatkan

a.2 Lokasi di pinggir kota :

Semi skilled atau femali labor mudah diperoleh; menghindari pajak yang berat seperti halnya kalau lokasi terletak di kota besar; tenaga kerja dapat tinggal berdekatan dengan lokasi pabrik; rencana ekspansi pabrik akan mudah dibuat; populasi tidak begitu besar sehingga masalah lingkungan tidak banyak timbul

a.3 Lokasi jauh di luar kota :

Lahan yang luas sangat diperlukan baik untuk keadaan sekarang maupun rencana ekspansi yang akan datang; pajak terendah lebih dikehendaki; tenaga kerja tidak terampil dalam jumlah besar lebih dikehendaki; upah buruh lebih rendah mudah didapatkan; baik untuk proses manufacturing produk-produk yang berbahaya.

Untuk menentukan luasan tanah yang dibutuhkan untuk pendirian suatu pabrik, maka hal ini dapat dicari dengan menggunakan perumusan umum, yaitu sekurang-kurangnya lima kali luas area yang betul-betul dipakai untuk penempatan segala fasilitas produksi yang dibutuhkan. Hal ini dimaksudkan untuk memberi tempat yang cukup lapang buat keperluan membongkar/memuat barang, fasilitas parkir, area untuk gudang, dan lain-lain. Lokasi juga akan menentukan dekat tidaknya pabrik tersebut ke sumber bahan baku ataupun jasa pemasarannya. Adapun factor-factor yang patut dipertimbangkan dalam menentukan alternatif lokasi pabrik adalah : faktor yang berkaitan dengan Production Input/Output; faktor yang berkaitan dengan Proses Produksi (Process Technology); faktor yang berkaitan dengan Kondisi Lingkungan Luar.[9]

Faktor Yang Berkaitan Dengan Production Input/Output

Beberapa hal yang berkaitan dengan factor ini yang perlu diperhatikan dalam memilih alternatif lokasi suatu pabrik, yaitu :

- Lokasi pabrik cenderung dipilih berdekatan dengan sumber material bilamana dalam proses produksinya material yang akan diolah akan mengalami penyusutan yang besar sekali. Contoh industri pengolah bijih-bijih logam, industri pengilangan minyak, dan sebagainya.
- Lokasi pabrik juga cenderung dipilih berdekatan dengan wilayah pemasaran bilamana proses produksinya cenderung mengarah ke penggabungan/perakitan dari beberapa material. Contoh industri perlatan elektronik, industri makanan dan minuman dan sebagainya. Demikian juga dengan industri jasa, seperti misalnya bank, restaurant dan sebagainya.

Faktor Yang Berkaitan Dengan Proses Produksi

Dalam hal ini yang termasuk di dalamnya adalah suplai energi dan tenaga kerja dan air. Beberapa hal yang berkaitan dengan factor ini adalah :

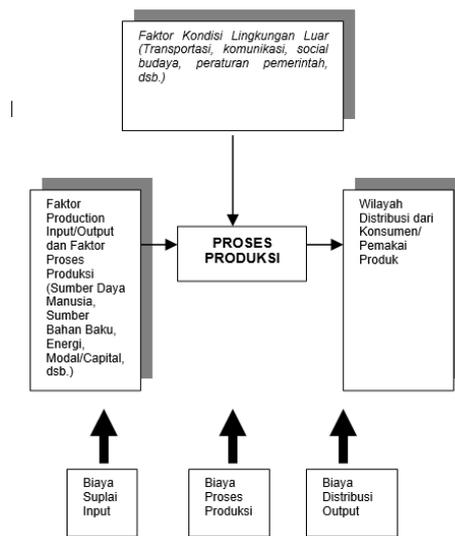
- Industri yang berpola labor intensive cenderung dipilih berdekatan dengan suplai tenaga kerja, sedangkan untuk pola capital intensive, tenaga kerja bukanlah factor yang terlalu penting untuk dipertimbangkan.
- Industri yang membutuhkan energi yang sangat besar cenderung dipilih berdekatan dengan sumber energinya seperti energi listrik.

Faktor Yang Berkaitan Dengan Kondisi Lingkungan Luar

Yang termasuk dalam factor Kondisi Lingkungan Luar dalam pemilihan alternatif lokasi pabrik yang juga harus dipertimbangkan adalah :

- Sarana dan Prasarana Komunikasi dan Transportasi (Faktor ini merupakan factor yang terpenting karena sangat besar pengaruhnya bagi biaya yang timbul.
- Kondisi Sosial Budaya Masyarakat setempat (variable demografis atau sikap mental/pandangan masyarakat, norma/adat istiadat, dan sebagainya)
- Peraturan dan Kebijakan Pemerintah setempat seperti UU, system perpajakan, proteksi, stabilitas politik, keamanan, dan sebagainya.

Ketiga factor di atas bila digambarkan dalam suatu diagram seperti terlihat sebagai berikut :



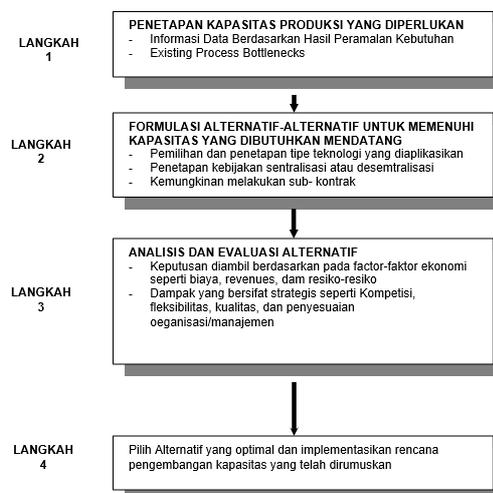
Gambar 1. Formulasi Lokasi Industri dengan Pertimbangan berbagai Faktor

Dari gambar di atas, maka pemilihan lokasi pabrik jelas diupayakan untuk memiliki lokasi yang mampu memberikan total biaya yang serendah-rendahnya. Biaya yang perlu dipertimbangkan dalam hal ini meliputi : biaya suplai input produksi; biaya Proses Produksi.

Penetapan Kapasitas Dan Jumlah Mesin

Penetapan kapasitas produksi yang diperlukan adalah satu kunci permasalahan pokok yang tidak hanya untuk merancang fasilitas produksi yang baru atau ekspansi fasilitas yang ada, akan tetapi juga untuk mengantisipasi periode operasi yang pendek di mana size pabrik tidak bisa dirubah begitu saja. Keputusan mengenai kapasitas produksi yang dalam hal ini juga ditentukan oleh kemampuan mesin atau fasilitas produksi yang terpasang, menjadi begitu penting demi kelancaran perencanaan dan pengendalian produksi. Kapasitas produksi secara umum diukur dalam bentuk unit-unit fisik yang ditunjukkan berdasarkan keluaran/output maksimum yang dihasilkan oleh proses produksi atau berdasarkan jumlah masukan yang tersedia pada setiap periode operasi.[8]

Suatu studi kelayakan harus dibuat terlebih dahulu untuk menentukan berapa banyak kapasitas yang harus dipasang dan kapan kapasitas produksi sebanyak itu diperlukan. Di dalam sebuah pembuatan produk maka proses produksi bisa diselenggarakan melalui satu tahapan proses atau melalui beberapa tahapan proses. Bilamana proses produksi terdiri hanya satu tahapan saja, maka penetapan kapasitas produksi dari mesin atau fasilitas lainnya ditentukan secara langsung berdasarkan output rate dari system produksi tersebut seperti terlihat pada gambar berikut [7]:

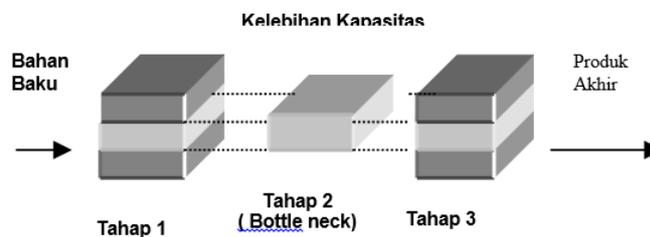


Gambar 2. Langkah-Langkah Penetapan Kapasitas Produksi



Gambar 3. Proses Produksi Tahap Operasi Tunggal

Secara sederhana di sini system produksi dipertimbangkan sebafei black box yang merupakan “sebuah” proses yang bulat. Dalam prakteknya, untuk pembuatan sebuah produk yang umum dijumpai, harus melalui berbagai tahapan proses dimana antara satu proses dengan proses yang lainnya memiliki kapasitas produksi yang berbeda-beda sehingga tampak terjadi ketidaklancaran aliran material akibat kapasitas mesin yang berbeda-beda tersebut. Hal tersebut dapat ditunjukkan pada gambar berikut ini :



Gambar 4. Proses Produksi Tahap Operasi Bertingkat

Kalau pada proses produksi pembuatan produk hanya memerlukan satu tahap operasi, maka penetapan kapasitas proses/mesin yang diperlukan akan lebih mudah dan sederhana [3]. Di sini tingkat keluaran yang dihasilkan akan dapat dikaitkan langsung dengan kapasitas proses/mesin yang digunakan tersebut. Namun pada kenyataannya, proses produksi dalam pabrik tidaklah sesederhana itu. Yang umum dijumpai adalah bahwa untuk pembuatan sebuah produk harus melalui system produksi yang sangat kompleks dalam arti produk akhir baru bisa diperoleh setelah melalui tahapan proses yang bertingkat. Di sini akan digunakan berbagai macam mesin atau peralatan produksi untuk melaksanakan kegiatan operasi untuk setiap tahapan.

Dengan demikian sangatlah sulit dan tidak mungkin untuk memasang setiap tahapan proses dengan kapasitas maksimum yang sama. Konsekuensi logis yang diperoleh masing-masing tahapan proses akan memiliki kapasitas produksi yang berbeda-beda sehingga ada kemungkinan terjadinya penyumbatan-penyumbatan arus aliran material (bottle neck). Untuk mengatasi kemacetan-kemacetan akibat ketidakseimbangan kapasitas tersebut, dapat dilakukan langkah-langkah seperti pengaturan keseimbangan lintasan produksi (line balancing) baik untuk lintasan fabrikasi maupun lintasan perakitan, pengadaan work in process storage atau penempatan fasilitas produksi secara parallel khususnya untuk tahapan proses yang menimbulkan bottle necks.

Suatu langkah dasar dalam pengaturan tata letak pabrik yang baik adalah dengan menentukan jumlah mesin atau peralatan produksi yang dibutuhkan secara tepat. Tentu saja disamping penentuan jumlah mesin ini, suatu keputusan yang tepat dalam pemilihan jenis/tipe mesinnya itu sendiri juga merupakan langkah yang harus diperhatikan benar-benar. Pemilihan penggunaan alternatif penggunaan tipe mesin tertentu pada dasarnya akan dilandasi dengan pertimbangan-pertimbangan yang bersifat teknis dan ekonomis.

2. METODOLOGI

Metode Brown-Gibson dalam Penentuan Lokasi Pabrik

Metode Brown-Gibson merupakan metode pemilihan lokasi pabrik yang dalam analisisnya mengkombinasikan faktor-faktor obyektif (kuantitatif) dan faktor subyektif (kualitatif).

Procedure penggunaan metode ini adalah sebagai berikut :

- Eliminasi setiap alternatif site lokasi yang secara sepihak tidak layak dan feasible untuk dipilih. Pertimbangan-pertimbangan teknis tertentu, misalnya tidak tersedianya suplai energi ataupun utilities lainnya dalam kapasitas yang dibutuhkan bisa dijadikan alasan utama untuk mengeliminasi suatu site lokasi dalam daftar nominasi alternatif yang harus dipertimbangkan.
- Hitung dan tetapkan "performance measurements" dari faktor obyektif (OFi) untuk setiap alternatif lokasi. Biasanya ukuran performance untuk faktor obyektif ini dihitung berdasarkan estimasi seluruh biaya-biaya yang relevan dan masuk dalam perhitungan "Total Annual Cost (Ci)" untuk setiap lokasi yang dipertimbangkan. Formulasinya :

$$OFi = [Ci \cdot \sum (1/Ci)]^{-1}$$

- Tentukan faktor-faktor yang memberi pengaruh signifikan dan harus dipertimbangkan pada saat menetapkan lokasi pabrik. Faktor-faktor ini lebih bersifat subyektif, yang penilaiannya kualitatif seperti faktor community attitudes, standard of living, housing & education facilities available, dan lain-lain. Estimasi dari ukuran performance dari faktor subyektif (Sfi) untuk setiap lokasi ditentukan dengan prosedur sebagai berikut : [4]
 - Tetapkan rating faktor (wj), dimana $j = 1, 2, \dots, n$, untuk setiap faktor subyektif yang ada dengan menggunakan cara "forced choice pairwise comparison". Cara ini prinsipnya adalah membandingkan dan menilai satu faktor subyektif terhadap faktor subyektif yang lain secara berpasangan (pairwise). Penilaian didasarkan pada "lebih baik" (point = 1), "lebih jelek" (point = 0) atau "sama" (point masing-masing = 1). Secara sepihak memberi "pembobotan (weighting)" pada masing-masing faktor subyektif yang telah ditetapkan tersebut.
 - Secara terpisah kemudian buat ranking, tetap dengan cara "pairwise comparisons" berdasarkan faktor subyektif yang ditetapkan untuk masing-masing alternatif lokasi. Ranking lokasi ini dinotasikan sebagai Rij ($0 \leq Rij \leq 1$ dan $Rij = 1$)
 - Tetapkan faktor subyektif (Sfi) dengan cara mengkombinasikan sebagai berikut :

$$Sfi = w1.Ri1 + w2.Ri2 + \dots + wn.Rin$$

- Kombinasi faktor obyektif (OFi) dan (Sfi) yang nilai masing-masing sudah dihitung/ukur untuk setiap alternatif lokasi yang ada. Sebelumnya terlebih dahulu harus dibuat pembobotan, mana yang dipertimbangkan lebih penting, antara faktor obyektif (bobot = k) dan faktor subyektif (bobot = 1-k) dimana $0 < k < 1$. Perhitungan ini akan menghasilkan "Location Preference Measure (LPM)" untuk setiap alternatif lokasi yang ada :

$$LPMi = k (OFi) + (1-k) (Sfi)$$

Bilamana keputusan mengenai alternatif lokasi yang dipilih lebih dipertimbangkan atas dasar biaya tahunan (faktor obyektif), maka $k = 1$ dan faktor subyektif untuk ini bisa diabaikan. Bilamana faktor obyektif dipertimbangkan 4 kali lebih penting dibanding faktor subyektif yang ada, maka k akan bernilai 0,8. Jadi ukuran preferensi terhadap alternatif lokasi yang dipilih didasarkan pada faktor yang berkaitan dengan biaya yang terjadi (obyektif) dan berbagai faktor subyektif penting lainnya. Keputusan akan diambil untuk alternatif lokasi yang memiliki nilai LPMi terbesar.

Penetapan Kapasitas & Jumlah Mesin

Untuk keperluan penentuan jumlah mesin yang dibutuhkan, maka di sini ada beberapa informasi yang harus diketahui sebelumnya, yaitu : volume produksi yang dicapai; estimasi scrap (cacat/rusak) pada setiap proses operasi; waktu kerja standart untuk proses operasi yang berlangsung. [12]

Selanjutnya untuk menentukan jumlah mesin, dalam hal ini bisa pula untuk menentukan jumlah operator yang diperlukan untuk aktivitas operasi, maka rumus umum berikut ini dapat dipakai, yaitu :

$$N = (T / 60) (P / [D.E])$$

Dimana :

P = jumlah produk yang harus dibuat oleh masing-masing mesin per periode waktu kerja (unit produk/tahun)

T = total waktu pengerjaan yang dibutuhkan untuk proses operasi produksi yang diperoleh dari hasil time study atau perhitungan secara teoritis (menit/unit)

D = jam operasi kerja mesin yang tersedia, dimana untuk satu shift kerja $D = 8$ jam per hari, dua shift kerja $D = 16$ jam/hari, dan tiga shift kerja $D = 24$ jam/hari

E = faktor efisiensi kerja mesin yang disebabkan oleh adanya set up, break down, repair atau hal-hal lain yang menyebabkan terjadinya idle. Harga yang umum diambil dalam hal ini berkisar antara 0,8 – 0,9

N = jumlah mesin ataupun jumlah operator yang dibutuhkan untuk operasi
Produksi

Untuk lebih jelasnya dapat diperhatikan contoh berikut ini :

Suatu produk A akan dibuat dengan volume produksi sebesar lebih kurang 80.000 unit produk per tahun. Apabila jam standart operasi ditetapkan 40 jam per minggu atau 2000 jam per tahun, maka kita akan dapat menghitung demand rate dari produk A tersebut adalah :

$$P / (D \times E) = 80.000 / (2000.E)$$

Jika diperkirakan efisiensi kerja adalah sebesar 80 %, maka demand rate dalam hal ini menjadi sebesar 50 unit produk/jam.

Realita umum yang dijumpai adalah bahwa produksi dengan 100 % berkualitas baik semua tidaklah mungkin tercapai. Untuk itu suatu kelonggaran (allowance) harus dibuat dengan memperhatikan adanya beberapa unit produk akan rusak pada saat aktivitas produksi berlangsung untuk setiap tahapan prosesnya. Dengan demikian demand rate akan menjadi :

$$P = P_g + P_d$$

Dimana :

P = jumlah produk yang dikehendaki (demand rate)

P_g = jumlah produk yang berkualitas baik (good parts)

P_d = jumlah produk yang rusak (defective parts)

Jumlah produk yang rusak ini dapat pula dinyatakan dalam bentuk prosentase kerusakan (p) dari jumlah produk yang berkualitas baik, sehingga rumus tersebut di atas dapat disesuaikan menjadi :

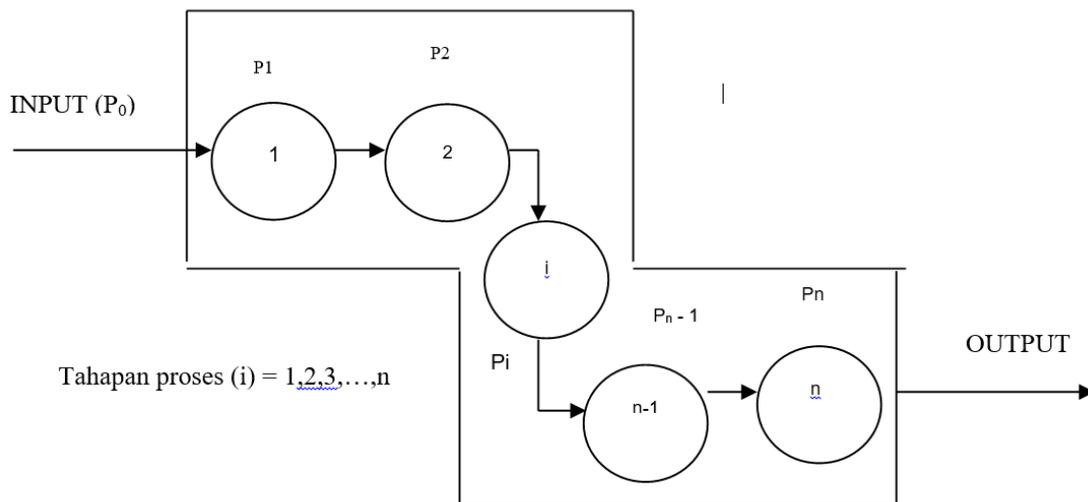
$$P = P_g / (1-p)$$

Prosentase produk yang rusak ini dapat diestimasi dengan cara mengambil sample hasil keluaran dari suatu tahapan proses selama suatu tahapan proses waktu tertentu. Selain itu, khususnya untuk kondisi pabrik yang baru, estimasi harga p ini dapat pula dicari dengan cara membandingkan kondisi dan pengalaman dari pabrik yang lain, dengan tahapan proses yang sama.

Kembali pada contoh sebelumnya apabila dikehendaki bahwa jumlah produk A dengan kualitas baik adalah sebesar 50 unit/hari dan prosentase kerusakan 5 %, demand rate ataupun output dari stasiun kerja dapat dihitung sebagai berikut :

$$P = P_g / (1-p) = 50 / (1-0.05) = 53 \text{ unit/jam}$$

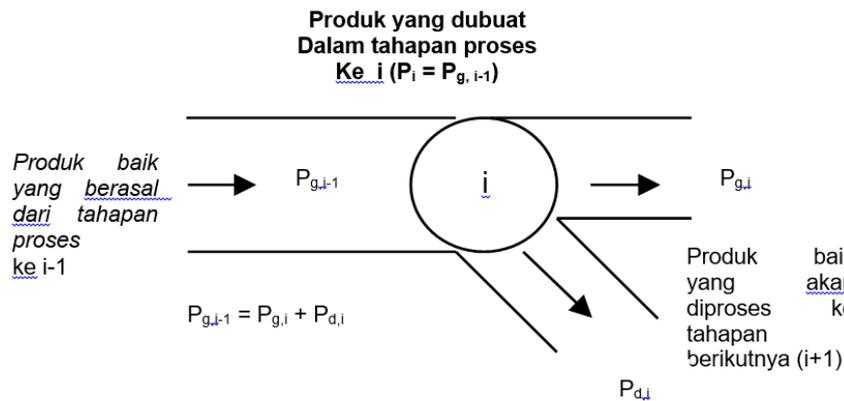
Perlu dicatat di sini bahwa harga P adalah jumlah produk (demand rate) yang merupakan hasil keluaran dari akhir tahapan proses untuk membuat produk tersebut. Apabila suatu proses di dalam pembuatannya memerlukan bermacam-macam tahapan proses, maka terjadinya kerusakan harus pula dianalisa untuk setiap tahapan/tingkatan proses yang ada, sehingga secara skematis pola aliran ini dapat digambarkan pada berikut :[11]



Gambar 5. Pola Aliran Tahapan proses Bertingkat

Dengan demikian terlihat bahwa semakin banyak tahapan proses yang harus ditempuh untuk membuat suatu produk, akan semakin banyak pula resiko-resiko yang harus diperhitungkan untuk timbulnya kerusakan dari produk yang dibuat tersebut. Banyaknya produk yang rusak dari masing-masing tahapan proses ini tergantung pada karakteristik operasi yang ada di masing-masing stasiun kerja seperti kondisi mesin atau peralatan yang dipakai, efektivitas perawatan (maintenance) yang dilaksanakan, kemampuan operator yang ada, dan lain-lain.

Berdasarkan pola aliran yang menyangkut tahapan proses di atas, maka dapat digambarkan dan dirumuskan hubungan dari jumlah produk yang harus dibuat/dihasilkan serta kemungkinan terjadinya produk yang rusak untuk masing-masing tahapan proses, yaitu seperti terlihat berikut ini :



Gambar 6. Hubungan Jumlah Produk Yang Harus Dibuat dan Rusak

Dimana :

$P_{g,i-1}$ = Jumlah produk berkualitas baik yang merupakan hasil keluaran dari tahapan proses ke $i-1$ dan akan menjadi bahan masukan untuk diproses dalam tahapan proses yang ke- i .

$P_{g,i}$ = Jumlah produk yang berkualitas baik yang merupakan hasil keluaran dari tahapan proses ke- i dan selanjutnya akan menjadi bahan masukan (P_{i+1}) untuk diproses dalam tahapan proses ke $i + 1$.

$P_{d,i}$ = Jumlah produk berkualitas jelek (rusak) yang dihasilkan dari tahapan proses ke i yang selanjutnya akan merupakan limbah atau buangan dan merupakan bahan masukan untuk diproses pengerjaan ulang (reworks/recycling).

Dengan memperhatikan situasi dan kondisi dari masing-masing tahapan proses, maka penentuan jumlah mesin atau peralatan produksi jika produk berkualitas jelek (rusak) ternyata tidak dapat diperbaiki lagi dapat dinyatakan sebagai rumus pada berikut ini :

$$N_i = (T_i \cdot P_i) / (60 \cdot D \cdot E_i) \quad ; i=1,2,3,\dots,n$$

Untuk beberapa kasus tertentu ada kemungkinan dilaksanakan perbaikan-perbaikan pada beberapa produk yang berkualitas jelek atau rusak, sedangkan beberapa yang lain terpaksa harus dibuang begitu saja sebagai sekrap atau keperluan yang lain (process recycling). Apabila secara teknis maupun secara ekonomis ternyata masih dimungkinkan untuk melakukan perbaikan pada produk yang rusak tersebut, maka di sini perlu diperhitungkan kebutuhan tambahan untuk mesin maupun peralatan produksi yang lainnya dan juga operator yang akan melaksanakan aktivitas ini. Aktivitas ini bisa dilaksanakan dalam area yang sama dari departemen produksi yang ada ataupun dalam area khusus dengan mengingat bahwa di sini akan diperlukan peralatan yang mungkin berbeda. Kebutuhan peralatan tambahan ini dapat dicari dengan model perumusan yang sama, yaitu sebagai berikut :

$$N'I = (T'i \cdot P'i) / (60 \cdot D \cdot E'i)$$

Dimana :

i = tahapan proses dimana aktivitas perbaikan dari produk yang berkualitas jelek atau rusak akan dilaksanakan

$T'I$ = waktu yang dibutuhkan untuk pelaksanaan perbaikan dari unit produk yang pada tahapan proses ke- i

$P'I$ = jumlah produk yang rusak yang memiliki kemungkinan untuk bisa diperbaiki lagi. Produk ini berasal dari jumlah produk yang rusak ($P_{d,i}$) yang dihasilkan pada tahapan proses ke- i

$N'I$ = jumlah mesin/peralatan tambahan yang dibutuhkan untuk pelaksanaan perbaikan pada tahap proses yang ke- i

Apabila aktivitas perbaikan ini dilaksanakan pada area/tahapan proses yang sama dan dengan memakai mesin atau peralatan produksi yang sama pula, maka total mesin ataupun peralatan produksi yang dibutuhkan untuk tahapan proses ke i adalah sebesar : $N_i + N'i$.

$$E = H/D = 1 - [(D_T + S_T)/D]$$

Dimana :

H = running time yang diharapkan per periode (jam)

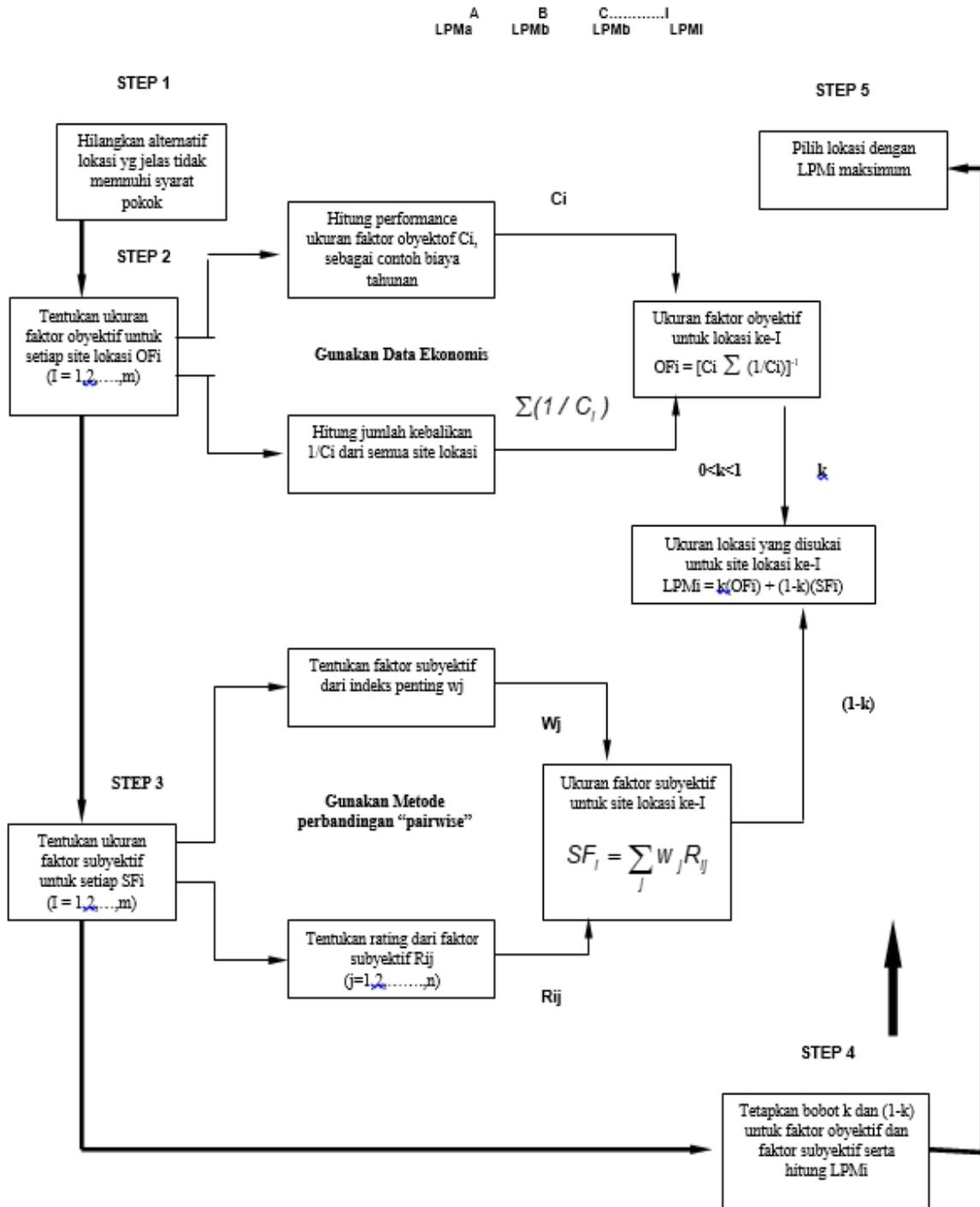
D = lama waktu kerja per periode (8 jam/hari untuk satu shift kerja)

D_T = down time (jam)

S_T = set up time untuk proses pengerjaan per periode (jam)

Pada dasarnya efisiensi dari masing-masing tahapan proses ini akan tergantung pada factor-faktor berikut :

- Macam/tipe mesin atau peralatan produksi yang dipakai
- Bagaimana caranya mesin atau peralatan produksi tersebut akan dioperasikan (kecepatan potong pemakanan, dalamnya pemotongan, dan lain-lain).
- Kebijakan-sanaan yang diambil untuk aktivitas perawatan.



Gambar 7. Langkah-langkah Penyelesaian Analisa Lokasi Metode Brown Gibson Lokasi Yang Layak

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Lokasi Pabrik

Berdasarkan data-data untuk faktor obyektif, maka perhitungan untuk faktor obyektif yang dalam hal ini berupa biaya investasi pembangunan pabrik roda gigi untuk tiap-tiap lokasi yang dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

- a. Lokasi Loa Buah Rp. 20 Milyar
- b. Lokasi Loa Janan Rp. 19,8 Milyar
- c. Lokasi Sei. Siring Rp. 22 Milyar
- d. Lokasi Telok Dalam Rp. 25 Milyar

Tabel perhitungannya dapat dilihat pada table di halaman berikut ini

Tabel 1 Biaya investasi tiap alternatif lokasi sebagai Faktor Obyektif

Lokasi	Biaya Tahunan (milyard Rp.) (Ci)	(1/Ci)
A	20	0.0500
B	19.8	0.0505
C	22	0.0454
D	25	0.0400
TOTAL		0.1859

Berdasarkan data ini, maka faktor obyektif untuk setiap alternatif lokasi bisa dicari dengan formula :

$$OF_i = [C_i \cdot \sum (1/C_i)]^{-1} \quad \text{sedangkan} \quad \sum (OF_i) = 1$$

Sedangkan faktor obyektif untuk setiap alternatif lokasi adalah :

$$OF(A) = [(20)(0,1859)]^{-1} = [3,7180]^{-1} = 0,2689$$

$$OF(B) = [(19,8)(0,1859)]^{-1} = [3,6808]^{-1} = 0,2716$$

$$OF(C) = [(22)(0,1859)]^{-1} = [4,0898]^{-1} = 0,2445$$

$$OF(D) = [(25)(0,1859)]^{-1} = [4,6475]^{-1} = 0,2152$$

$$\text{Total} = 1,00000$$

Berdasarkan data factor subyektif, maka faktor-faktor yang dipertimbangkan adalah :pendidikan (Faktor 1); perumahan (Faktor 2); sikap masyarakat (Faktor 3); Pelayanan (Faktor 4).

Untuk menentukan besarnya faktor subyektif, maka tiap-tiap faktor subyektif tersebut harus saling dibandingkan untuk melihat mana yang lebih disukai atau dipentingkan.

Bila suatu faktor lebih disukai dari faktor yang satunya lagi, maka dalam hal ini faktor yang lebih disukai tersebut harus diberi nilai bobot 1 dan faktor yang kurang disukai atau dianggap kurang penting harus diberi nilai bobot 0. Demikian juga bila kedua faktor yang dibandingkan tersebut sama-sama dianggap penting, maka keduanya harus diberi nilai bobot yang sama, yaitu 1. Kebalikannya bila sama-sama dianggap kurang penting, maka kedua faktor subyektif yang menjadi pertimbangan tersebut harus diberi bobot nilai 0. Dalam hal ini semua faktor subyektif harus saling dibandingkan. Hasil perbandingan untuk tiap-tiap faktor subyektif dapat dilihat pada table berikut ini :

Tabel 2. Pairwise Comparison Untuk Semua Faktor Subyektif

Faktor Subyektif	Pairwise Comparison						Sum Of preference	Relatif Importance Index
	1	2	3	4	5	6		
Pendidikan (1)	1	0		1			2	2/8 = 0.250
Perumahan (2)	1		0		1		2	2/8 = 0.250
Sikap Masyarakat (3)		1	1			1	3	3/8 = 0.375
Pelayanan (4)				1	1	0	1	1/8 = 0.125
							8	1.000

Selanjutnya dengan prosedur yang sama, secara terpisah akan kita laksanakan terhadap masing-masing site lokasi untuk memperoleh ranking Rij. Untuk keempat alternatif lokasi yang dipertimbangkan dihasilkan kesimpulan sebagai berikut :

Tabel 3. Faktor Pendidikan (Faktor 1)

Site (i)	Pairwise Comparison Response						Total	Site Ranking (Ri1)
	1	2	3	4	5	6		
Loa Buah (A)	1	1	1				3	$3/8 = 0.3750$
Loa Janan (B)	1			1	0		2	$2/8 = 0.2500$
Sei. Siring (C)		0		1		0	1	$1/8 = 0.1250$
Telok Dalam (D)			0		1	1	2	$2/8 = 0.2500$
							8	1.0000

Tabel 4. Faktor Perumahan (Faktor 2)

Site (i)	Pairwise Comparison Response						Total	Site Ranking (Ri1)
	1	2	3	4	5	6		
Loa Buah (A)	0	1	1				2	$2/7 = 0.2857$
Loa Janan (B)	1			1	1		3	$3/7 = 0.4285$
Sei. Siring (C)		1		0		0	1	$1/7 = 0.1428$
Telok Dalam (D)			0		0	1	1	$1/7 = 0.1428$
							7	1.0000

Tabel 5. Faktor Sikap Masyarakat (Faktor 3)

Site (i)	Pairwise Comparison Response						Total	Site Ranking (Ri1)
	1	2	3	4	5	6		
Loa Buah (A)	1	1	1				3	$3/8 = 0.3750$
Loa Janan (B)	0			1	1		2	$2/8 = 0.2500$
Sei. Siring (C)		0		1		0	1	$1/8 = 0.1250$
Telok Dalam (D)			1		0	1	2	$2/8 = 0.2500$
							8	1.0000

Tabel 6. Faktor Pelayanan (Faktor 4)

Site (i)	Pairwise Comparison Response						Total	Site Ranking (Ri1)
	1	2	3	4	5	6		
Loa Buah (A)	0	1	0				1	$1/9 = 0.1111$
Loa Janan (B)	1			1	0		2	$2/9 = 0.2222$
Sei. Siring (C)		1		1		1	3	$3/9 = 0.3333$
Telok Dalam (D)			1		1	1	3	$3/9 = 0.3333$
							9	1.0000

Dari perbandingan-perbandingan yang telah dilaksanakan tersebut, bisa disimpulkan evaluasi dari faktor-faktor subyektif tersebut sebagai berikut :

Tabel 7. Site Rating Untuk Semua Faktor

Faktor (j)	Site Rating (Rij)				Relative Importance Index (wj)
	A	B	C	D	
1	0.3750	0.2500	0.1250	0.2500	0.2500
2	0.2857	0.4285	0.1428	0.1428	0.2500
3	0.3750	0.2500	0.1250	0.2500	0.3750
4	0.1111	0.2222	0.3333	0.3333	0.1250
					Total = 1.0000

Untuk menentukan nilai subyektif faktor (SF_i) untuk setiap site lokasi, maka hal ini bisa diperoleh dengan memasukkan data yang telah dihitung di atas ke dalam formula :

$$SF_i = Ri1.w1 + Ri2.w2 + Ri3.w3 + + Rin.wn$$

$$SF_i = \sum Rij.wj; \text{ dimana } \sum SF_i = 1$$

Untuk setiap alternatif lokasi yang ada, harga subyektif faktor bisa dihitung sebagai berikut :

$$SF(A) = (0,3750)(0,2500) + (0,2857)(0,2500) + (0,3750)(0,3750) + (0,1111)(0,1250) = 0,3197$$

$$SF(B) = (0,2500)(0,2500) + (0,4285)(0,2500) + (0,2500)(0,3750) + (0,2222)(0,1250) = 0,2911$$

$$SF(C) = (0,1250)(0,2500) + (0,1428)(0,2500) + (0,1250)(0,3750) + (0,3333)(0,1250) = 0,1555$$

$$SF(D) = (0,2500)(0,2500) + (0,1428)(0,2500) + (0,2500)(0,3750) + (0,3333)(0,1250) = 0,2336$$

$$\text{Total} = 1,0000$$

Sesuai dengan landasan teori pada Bab III, maka setelah operasi kedua faktor Obyektif (OF_i) dan faktor subyektif (SF_i) selesai, langkah berikutnya adalah mengkombinasikan hasil-hasil ini dan menentukan “location preference measure” atau LPM_i untuk setiap alternatif lokasi. Dimana bobot faktor obyektif = k dan bobot faktor subyektif = 1-k, sehingga LPM_i dapat ditetapkan dengan formula :

$$LPM_i = k(OF_i) + (1-k)(SF_i)$$

Dalam hal ini akan dipertimbangkan mempertimbangkan bahwa bobot dari faktor obyektif adalah 3 kali lebih besar dari faktor subyektif, maka :

$$k = 1-k$$

$$k = 3(1-k)$$

$$k = 3 - 3k$$

$$3k + k = 3$$

$$4k = 3$$

$$k = 0,75 \quad (\text{bobot faktor obyektif})$$

$$(1-k) = 0,25 \quad (\text{bobot faktor subyektif})$$

jadi LPM_i untuk setiap alternatif lokasi adalah :

$$LPM(A) = (0,75)(0,2689) + (0,25)(0,3197) = 0,2816$$

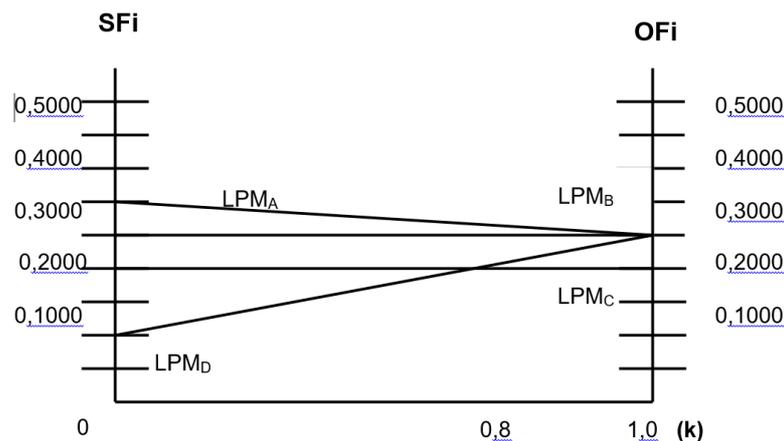
$$LPM(B) = (0,75)(0,2716) + (0,25)(0,2911) = 0,2426$$

$$LPM(C) = (0,75)(0,2445) + (0,25)(0,1555) = 0,2222$$

$$LPM(D) = (0,75)(0,2152) + (0,25)(0,2336) = 0,2198$$

$$\text{Total} = 1,0000$$

Dari evaluasi yang telah dilaksanakan terlihat bahwa Lokasi A yang dalam hal ini adalah di lokasi Loa Buah yang harus dipilih, karena memiliki nilai LPM yang terbesar. Bilamana dilaksanakan analisa sensitivitas yang mana akan sangat ditentukan oleh pembobotan (nilai k) dari faktor obyektif dan faktor subyektif, maka akan terlihat seperti gambar di halaman berikut ini :



Gambar 8. Analisa Sensitivitas Penetapan Lokasi Berdasarkan Harga LPM_i Maksimum

Dari gambar sensitivitas di atas tampak bahwa untuk nilai k mendekati 1,0, dimana dalam hal ini faktor subyektif sama sekali diabaikan dalam proses analisa/evaluasi, maka pilihan alternatif cenderung mengarah ke lokasi D, yaitu di lokasi Telok Dalam.

Penetapan Kapasitas dan Jumlah Mesin Penetapan Kapasitas Produksi

Dari data, diketahui bahwa rata-rata kebutuhan roda gigi di Kalimantan Timur per tahunnya adalah sebanyak 100.000 unit roda gigi atau setara 400 unit roda gigi per hari. Sedang data-data yang lainnya yang berkenaan dengan penetapan kapasitas produksi dan jumlah mesin yang dibutuhkan ini dapat dilihat pada table sebagai berikut :

Tabel 8. Data-data untuk Penetapan Kapasitas Produksi dan Jumlah Mesin

Tahapan Proses	Tipe Mesin yang digunakan	Jam Kerja per periode D (Jam)	Waktu Pengerjaan per produk T (menit)	Down Time per hari DT (menit)	Set Up Time ST (menit)	% defect p
1	Mesin Bubut	8	5	30	10	3
2	Mesin Frais	8	10	60	15	5
3	Mesin Drill	8	8	20	5	2

Berdasarkan tabel data ini akan dapat ditentukan kebutuhan dari masing-masing mesin untuk setiap tahapan proses dengan terlebih dahulu menetapkan tingkat efisiensi dan jumlah produk yang harus dikerjakan untuk masing-masing proses.

PENETAPAN EFISIENSI DARI MASING-MASING TAHAPAN PROSES (E)

Rumus umum :

$$E = 1 - (\text{waktu yang terbuang per periode} / \text{jam operasi kerja per periode})$$

$$E = 1 - [(D_T + S_T)/D]$$

Untuk mesin bubut (tahapan proses ke 1) :

$$E_1 = 1 - [(30+10)/(60 \times 8)] = 1 - 0.0833 = 0.916 = 91.6 \%$$

Untuk mesin frais (tahapan proses ke 2) :

$$E_2 = 1 - [(60+15)/(60 \times 8)] = 1 - 0.156 = 0.844 = 84.4 \%$$

Untuk mesin drill (tahapan proses ke 3) :

$$E_3 = 1 - [(20+5)/(60 \times 8)] = 1 - 0.052 = 0.948 = 94.8 \%$$

PENETAPAN JUMLAH PRODUK YANG HARUS DIBUAT OLEH MASING-MASING TAHAPAN PROSES

Untuk menentukan jumlah produk dari masing-masing tahapan proses dilakukan cara perhitungan terbalik, yaitu dari tahapan proses terakhir menuju ke tahapan proses awalnya. Rumus-rumus untuk perhitungan ini adalah sebagai berikut :

$$P_i = P_{g,i} / (1 - p_i) ; i = 1, 2, \text{ dan } 3$$

Untuk mesin drill (Tahapan proses ke 3) :

$$P_{g,3} = 400 \text{ unit roda gigi/hari (jumlah produk yang dikehendaki perhari)}$$

$$P_3 = P_{g,3} / 1 - p_3 = 400 / 1 - 0,02 = 400 / 0,98 = 408$$

$$P_3 = 408 \text{ buah}$$

Untuk mesin frais (Tahapan proses ke 2) :

$$P_2 = P_{g,2} / 1 - p_2 = 408 / 1 - 0,05 = 408 / 0,95 = 429$$

$$P_2 = 429 \text{ buah}$$

Untuk mesin bubut (Tahapan proses ke 1) :

$$P_1 = P_{g,1} / 1 - p_1 = 429 / 1 - 0,03 = 429 / 0,97 = 442$$

$$P_1 = 442 \text{ buah}$$

Adanya kasus kesalahan/kerusakan dari masing-masing tahapan proses mempunyai arti bahwa untuk mendapatkan target produk sebesar 400 buah/hari, maka pada saat akhir tahapan proses, kita harus mengerjakan sejumlah 442 buah produk pada tahapan proses yang pertama kali.

Produk yang rusak dari hasil proses ke 1 (proses bubut) sebanyak 13 buah. Produk yang rusak dari hasil proses ke 2 (proses frais) sebanyak 20 buah. Sedangkan jumlah produk akhir yang sudah berupa roda gigi yang rusak dari hasil proses akhir berupa proses dengan mesin Drill sebanyak 9 buah.

Penetapan Jumlah Mesin Yang Dibutuhkan

Untuk menentukan jumlah mesin dari masing-masing tahapan proses yang dibutuhkan digunakan rumus sebagai berikut :

$$N_i = (T_i/60) [(P_i/D.E_i)] ; i = 1, 2, \text{ dan } 3$$

Untuk mesin bubut (Tahapan proses ke 1) :

$$N1 = (5/60) [442/(8 \times 0,916)] = 5$$

N1 = 5 buah mesin bubut

Untuk mesin frais (Tahapan proses ke 2) :

$$N2 = (10/60) [429/(8 \times 0,844)] = 10,6$$

N2 = 11 buah mesin frais

Untuk mesin drill (Tahapan proses ke 3) :

$$N3 = (8/60) [408/(8 \times 0,948)] = 7$$

N3 = 7 buah mesin drill

4. KESIMPULAN

Beberapa Kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil analisa pemilihan lokasi, maka lokasi yang paling layak untuk didirikan sebuah pabrik yang memproduksi roda gigi guna memenuhi permintaan kebutuhan roda gigi di daerah Kalimantan Timur adalah di lokasi Loa Buah.
2. Untuk memproduksi roda gigi tersebut, dibutuhkan 3 (tiga) macam mesin, yaitu mesin bubut sebagai proses tahap pertama, kemudian mesin frais sebagai proses tahap kedua dan mesin drill sebagai proses terakhir atau finishingnya.
3. Kapasitas produksi dari masing-masing proses/mesin tersebut dengan sudah memberikan toleransi terhadap adanya kesalahan proses sehingga terdapat produk yang rusak, berdasarkan hasil perhitungan adalah sebagai berikut :
 - a. Hasil produk dari tahapan proses yang pertama (diproses dengan mesin bubut) sebanyak 442 produk dengan produk yang rusak dari proses ini sebanyak 13 produk.
 - b. Hasil produk dari tahapan proses yang kedua (diproses dengan mesin frais) sebanyak 429 produk dengan produk yang rusak dari proses ini sebanyak 20 produk.
 - c. Hasil produk akhir berupa roda gigi dari tahapan proses yang terakhir sebagai finishing (diproses dengan mesin drill) sebanyak 409 produk dengan produk roda gigi yang rusak dari proses ini sebanyak 9 produk.
4. Sedangkan jumlah mesin dari masing-masing proses tersebut berdasarkan hasil perhitungan adalah sebagai berikut : Mesin Bubut sebanyak 5 buah mesin bubut; Mesin Frais sebanyak 11 buah mesin frais; Mesin Drill sebanyak 7 buah mesin drill.

Sedangkan beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Saran yang dapat diberikan berkenaan dengan penentuan lokasi pabrik untuk memproduksi roda gigi guna memenuhi permintaan kebutuhan di daerah Kalimantan Timur adalah bahwa selain lokasi yang terpilih di Loa Buah yang dipilih, maka alangkah baiknya mengkaji lokasi Telok Dalam, karena berdasarkan analisa sensitivitas dengan mengabaikan faktor subyektif, lokasi Telok Dalam juga layak untuk dipilih.
2. Sedangkan saran yang dapat diberikan berkenaan dengan penetapan kapasitas produksi dan jumlah mesin yang dibutuhkan adalah bahwa sebaiknya sisa-sisa produk yang rusak (cacat) dari tiap-tiap proses yang berupa scrap sebaiknya jangan dibuang, agar dapat didaur ulang untuk keperluan yang lainnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Darma Aviva, "Manajemen Produksi", Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda, 2004
- [2] James M. Apple, "Perencanaan Tata Letak Pabrik", Erlangga, Jakarta, 1991
- [3] Sritomo Wigjo Soebroto, "Tata Letak Pabrik & Pemindahan Bahan", Guna Widya, Jakarta, 1991
- [4] Sritomo Wigjo Soebroto, "Pengantar Teknik Industri", Guna Widya, Jakarta, 1993
- [5] Dervitsiotis, Kostas N. "Operation Management". New York, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1981.
- [6] Francis. R.L. and White J.A. "Facility Layout and Location : An Analytical Approach". Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall. Inc. 1974
- [8] Haynes, D. Oliphant. "Material Handling Application", Tokyo, Charles E. Tuttle Company, 1958
- [9] Ireson, W. Grant. "Factory Planning and Plant Layout", Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall, Inc. 1952
- [10] Ireson, W. Grant., "Hand Book Of Industrial Engineering & Management", New Delhi, Prentice-Hall of India Private Ltd.. 1974
- [11] Maynard, H.B. (Ed.). "Industrial Engineering Hand Book", New York, McGraw Hill Book Company. 1971
- [12] Moore, James M., "Plant Lay Out And Design", New York, The Macmillan Company, 1962