

# Penentuan Jumlah Tenaga Kerja pada Departemen Produksi di PT. XYZ dengan Metode Program Dinamis untuk Meminimasi Biaya Tenaga Kerja

Sinta Rahmawati\*, Andri Rachmat Kumalasian Nasution, Muhamad Bagus Nurholik

Program Studi Teknik Industri, Universitas Jenderal Achmad Yani  
Jl. Jend. Gatot Subroto Tromol POS. 807 (PINDAD), Kota Bandung, Jawa Barat 40285

## Abstrak

PT. XYZ merupakan perusahaan perakitan komponen elektronika berupa transformator dengan tipe TLF, TLV, TU dan DRB. Kondisi yang terjadi saat ini yaitu perusahaan tidak bisa memenuhi permintaan secara *regular time* dan harus mengambil keputusan untuk melakukan *overtime* dan *subcontract*. Keputusan ini diambil karena seringnya tenaga kerja *multi skill* dipindahkan dari stasiun kerja satu ke stasiun kerja lain serta dari departemen satu ke departemen lain untuk memenuhi permintaan konsumen. Dampak yang diperoleh dari kondisi tersebut adalah biaya tenaga kerja yang dikeluarkan oleh perusahaan menjadi lebih tinggi. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut maka diperlukan perhitungan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan di setiap stasiun kerja pada keseluruhan departemen. Penentuan jumlah tenaga kerja usulan ini dilakukan dengan menggunakan metode program dinamis. Langkah awal pada penelitian ini yaitu mengidentifikasi variabel *input*, variabel keputusan dan kendala yang ada, selanjutnya membuat fungsi tujuan dan menyelesaikan masalah dengan metode program dinamis. Pada penelitian ini, *output* berupa jumlah tenaga kerja yang dipilih berdasarkan biaya yang paling minimal akan menjadi *input* pada periode selanjutnya. Dengan mengimplementasikan metode usulan, perusahaan dapat menghemat biaya tenaga kerja yang dikeluarkan dengan selisih dari metode aktual dan usulan sebesar Rp 2.811.651 (dalam satuan ribuan) pada periode April.

**Kata kunci:** Transformator; *Multi skill*; Jumlah tenaga kerja; Program dinamis; Biaya tenaga kerja

## Abstract

*PT. XYZ is a company that assembles electronic components in the form of transformers with the types of TLF, TLV, TU and DRB. The current condition is that the company cannot fulfill the demand on a regular time and must make a decision to overtime and subcontract. This decision was taken because often multi-skilled workers were moved from one work station or departement to another to meet demand. The impact from this condition is the labor costs are higher. To solve this problem, it is necessary to calculate the number of workers required at each work station in the entire department. The dynamic programming method is used in this research. The first step in this research is to identify input variables, decision variables and existing constraints, then create objective functions and solve problems with the dynamic program method. In this study, the output in the form of the number of workers selected based on the minimum cost will be the input in the next period. By implementing the proposed method, the company can save labor costs incurred from the*

\*Corresponding author  
Alamat email: shintarahma93@gmail.com

*difference between the actual and the proposed methods of Rp 281,165.1 (in thousand units) in the period of April.*

**Keywords:** *Transformer; Multi-skill; Total manpower; Dynamic program; Labor costs*

## Pendahuluan

PT XYZ merupakan sebuah perusahaan yang bergerak dalam bidang usaha industri manufaktur khususnya manufaktur perakitan komponen elektronika. Produk yang dihasilkan berupa komponen elektronika berupa transformator. Transformator adalah mesin listrik yang dapat mentransformasikan energi listrik dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya melalui gandengan magnet berdasarkan prinsip induksi magnet [1]. Contoh produk yang memerlukan transformator di antaranya adalah lampu, televisi, alat musik elektrik, *air conditioner*, dan lainnya. Transformator yang dirakit di PT XYZ terdiri dari beberapa tipe, diantaranya tipe TLF, TLV, TU dan DRB. Transformator tersebut diklasifikasikan berdasarkan dimensi, komponen tambahan dan panjang lilitan *wire*.

PT XYZ memiliki empat departemen produksi yang masing-masing departemennya menghasilkan satu macam tipe produk transformator. Dalam melakukan proses produksinya, PT XYZ menggunakan proses perakitan antar komponen sehingga menghasilkan produk yang diinginkan. Sementara itu, untuk tipe aliran proses produksinya, perusahaan menggunakan tipe aliran *flow shop*. Aliran *flow shop* merupakan suatu aliran pada rantai produksi yang memproses suatu produk dengan urutan proses yang sama terhadap semua komponen mulai dari bahan mentah hingga menjadi bahan jadi [2]. Produk transformator yang dirakit di PT XYZ terdiri dari beberapa komponen penyusun di antaranya adalah *bobbin*, *base*, *core*, *center core*, *wire* dan beberapa komponen lainnya. Komponen-komponen penyusun tersebut dirakit dalam tujuh stasiun kerja yang terdiri dari: (1) stasiun kerja *air pressure*, yaitu proses perakitan antara komponen *bobbin assy* dengan *core* menggunakan mesin *air pressure*; (2) stasiun kerja *coiling*, yaitu proses pelilitan *wire* ke dalam *core* menggunakan mesin *coiling*; (3) stasiun kerja makitsuke, yaitu proses perakitan *bobbin*, *core* dan *base* dengan cara melilitkan *wire* ke dalam pin/kaki; (4) stasiun kerja *soldering*, yaitu proses perekatan antara *wire* yang sudah dililitkan di *pin base* dengan menggunakan timah yang ada menggunakan mesin solder; (5) stasiun kerja *stamping*, yaitu penamaan produk sesuai dengan tanggal dan jenis produk tersebut; (6) stasiun kerja *glue*, yaitu proses perekatan antarkomponen yang sudah dirakit dengan lem khusus agar antarkomponennya bisa merekat dengan kuat; dan (7) stasiun kerja oven, yaitu proses pengeringan lem yang sebelumnya sudah diproses agar antarkomponen penyusun merekat secara sempurna.

Strategi respon pasar yang diterapkan oleh perusahaan adalah strategi *make to order*. *Make to order* adalah tipe industri yang membuat produk hanya untuk memenuhi pesanan [3]. Walaupun PT XYZ menerapkan strategi *make to order*, tetapi perusahaan tetap menyediakan persediaan bahan baku mentah berupa *wire* maupun berupa komponen setengah jadi yang dibeli ke perusahaan lain. Hal ini dikarenakan seringnya terjadi *repeat order* produk dengan tipe dan komponen penyusun produk yang sama tetapi dengan kuantitas *order* yang bervariasi.

**Tabel 1.** Jumlah permintaan produk

Periode	Permintaan produk (pcs)			
	TU	TLV	DRB	TLF
Jan	243.125	306.621	116.320	346.332
Feb	283.204	305.242	114.921	278.921
Mar	251.103	210.121	172.672	330.922
Apr	231.221	306.772	166.109	297.415
Mei	221.251	296.767	170.165	342.524
Jun	230.562	306.856	165.631	157.621
Jul	306.543	306.213	166.501	354.056
Ags	303.201	306.532	166.291	361.195
Sep	140.392	306.190	166.180	411.022
Okt	144.280	306.892	166.763	476.572
Nov	264.184	306.723	166.221	402.864
Des	325.291	301.213	166.983	400.982
Total	2.944.357	3.566.142	1.904.757	4.160.426
Rata-rata	245.363	297.179	158.730	346.702

Berdasarkan Tabel 1 di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa jumlah permintaan pada bulan September, Oktober, November dan Desember yang melebihi rata-rata jumlah permintaan per tahun mengakibatkan jumlah produksi selalu lebih rendah dibandingkan dengan jumlah permintaan yang ada. Hal ini mengakibatkan tidak terpenuhinya permintaan konsumen secara *regular time* dan mengharuskan perusahaan untuk melakukan *overtime* dan mengambil keputusan untuk melakukan *subcontract*.

PT XYZ menerapkan adanya *overtime* setiap hari selama dua jam pada saat jumlah permintaan berada di kondisi puncak atau permintaan tinggi. Hal ini dikarenakan perusahaan lebih mementingkan ketepatan produk sampai ke tangan konsumen yang nantinya akan berpengaruh terhadap kepuasan konsumen terhadap perusahaan. Kebijakan *overtime* yang ada di perusahaan dilakukan secara bergantian sesuai dengan jadwal antartemaga kerja. Jika dilihat dari jumlah *output* yang dihasilkan pada saat perusahaan melakukan *overtime* sebenarnya sudah memenuhi kekurangan dari jumlah produksi tersebut tanpa harus dilakukannya keputusan *subcontract*. Namun demikian, tetap dilakukannya keputusan *subcontract* ini dikarenakan faktor tenaga kerja pada setiap departemen sering dipindahkan ke departemen lain guna membantu departemen lain untuk membantu menjalankan proses produksi karena departemen tersebut sedang sibuk memenuhi permintaan. Kondisi dalam memenuhi jumlah permintaan konsumen yang diterapkan PT XYZ membuat biaya tenaga kerja yang dikeluarkan oleh perusahaan menjadi lebih tinggi karena adanya biaya tambahan untuk biaya *overtime* dan *subcontract*. Berdasarkan hal tersebut dapat dikatakan bahwa perusahaan belum dapat menghitung secara tepat kebutuhan tenaga kerja di setiap stasiun kerja di masing-masing departemen.

Penelitian yang membahas mengenai penentuan jumlah tenaga kerja sudah banyak dilakukan. Roidelindho [4], Sitorus dan Alfath [5], Zulfaidah dkk. [6], Kusuma dan Firdaus [7], dan Ramadhani [8] membahas perhitungan jumlah tenaga kerja optimal untuk dapat memenuhi permintaan dengan melakukan perhitungan waktu baku. Penelitian yang membahas mengenai penentuan jumlah tenaga kerja yang bertujuan untuk dapat meminimasi biaya tenaga kerja dilakukan oleh Putra dkk. [9] dan Widhiawati dan Ariawan [10]. Putra dkk. [9] membahas mengenai penggunaan metode program dinamis dalam menghitung jumlah operator alat berat pada pekerjaan struktur

proyek suatu apartemen. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Hasil optimasi pada 2.798 kebutuhan operator yang direncanakan pada Rp 446.082.259 dan hasil optimasi yang diperoleh 2.798 operator yang optimal membutuhkan minimum Rp 223.773.671. Sedangkan Widhiawati dan Ariawan [10] membahas penentuan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan setiap minggunya dalam proyek pembangunan gedung laboratorium dengan menggunakan programa dinamis. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan metode programa dinamis dalam menentukan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan dapat menghemat sebesar Rp 80.960.200.

Berdasarkan data aktual yang diperoleh dari perusahaan untuk Departemen TLF, TLV TU dan DRB, jumlah tenaga kerja pada bulan April adalah 1.003 orang dan total biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan pada bulan April untuk keempat produk yang ada pada departemen tersebut sebesar Rp 2.718.872 (dalam satuan ribuan). Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan pada setiap stasiun kerja pada masing-masing departemen dengan tujuan dapat meminimasi biaya tenaga kerja yang harus dikeluarkan oleh perusahaan.

### Metode Penelitian

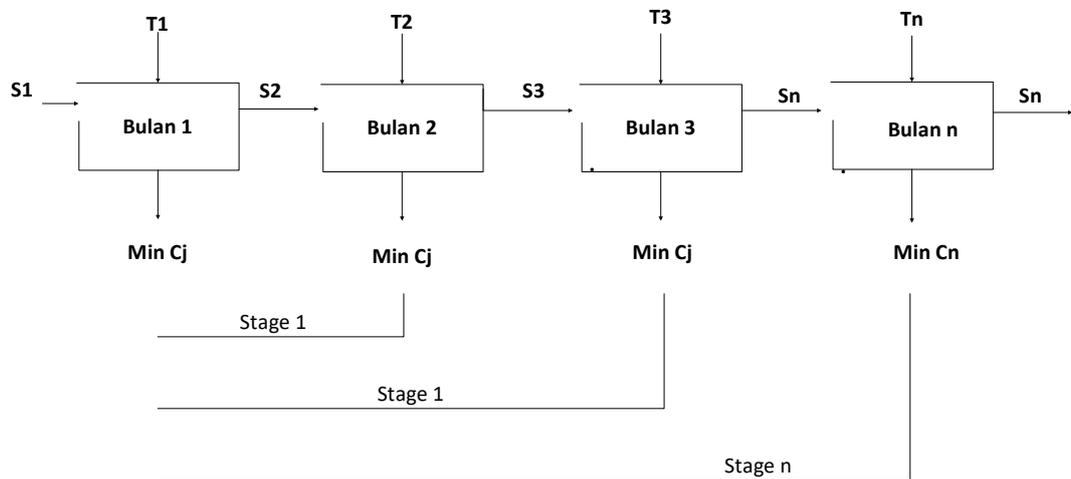
Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, maka diperlukan perhitungan penentuan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan di setiap stasiun kerja pada keseluruhan departemen. Penentuan jumlah tenaga kerja usulan ini dilakukan dengan menggunakan metode programa dinamis. Programa dinamis adalah salah satu teknik matematika yang digunakan untuk mengoptimalkan proses pengambilan keputusan secara bertahap ganda [11]. Tujuan digunakannya metode programa dinamis yaitu untuk mengetahui alternatif jumlah tenaga kerja mana yang menghasilkan biaya tenaga kerja paling minimum. Sehingga nantinya setiap stasiun kerja pada semua departemen diketahui kebutuhan tenaga kerja yang dapat memenuhi permintaan dan mempunyai biaya tenaga kerja yang paling minimal.

Data yang akan digunakan pada penelitian ini antara lain data permintaan untuk keempat jenis produk transformator, waktu proses setiap tahapan perakitan untuk keempat jenis produk transformator, biaya tenaga kerja (gaji) setiap bulan, biaya perekrutan tenaga kerja, biaya pemberhentian tenaga kerja, biaya *overtime*, dan biaya *subcont* untuk setiap pcs produk transformator. Jenis masukan (*input*) yang dipergunakan pada model programa dinamis ini adalah kebutuhan tenaga kerja minimal dan maksimal untuk setiap bulannya di setiap stasiun kerja pada masing-masing departemen. Jumlah tenaga kerja minimal didapat dari besarnya volume kerja dibagi dengan jumlah jam kerja total (penjumlahan jam kerja *regular time* dan *overtime*) tersedia selama satu bulan, sedangkan jumlah tenaga kerja maksimal didapat dari besarnya volume kerja dibagi dengan jumlah jam kerja (*regular time*) tersedia selama satu bulan. Jumlah tenaga kerja per bulan yang dipilih berdasarkan biaya tenaga kerja minimal adalah *output* yang diperoleh dari metode programa dinamis pada penelitian ini.

Penelitian ini dilakukan pada tahun 2020. Dalam penelitian ini, data yang diambil adalah data permintaan keempat jenis transformator pada Januari sampai Desember 2020. Tahapan-tahapan yang dilakukan pada proses penelitian ini adalah sebagai berikut [11]:

1. Identifikasi variabel masukan (*input*)  
Variabel masukan pada penelitian ini adalah kebutuhan tenaga kerja minimal dan maksimal untuk setiap bulannya di setiap stasiun kerja pada masing-masing departemen. Untuk dapat mengetahui kebutuhan tenaga kerja minimal dan

- maksimal dilakukan beberapa langkah yaitu melakukan peramalan permintaan, kemudian menghitung waktu baku, dan menghitung volume kerja.
2. Identifikasi variabel keputusan  
Variabel keputusan yang digunakan adalah menentukan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan setiap periode (bulan) di setiap stasiun kerja pada masing-masing departemen.
  3. Identifikasi kendala-kendala yang ada  
Adanya keterbatasan jam kerja *overtime* yang ditetapkan perusahaan yaitu setiap tenaga kerja maksimum hanya 2 jam setiap harinya.
  4. Merumuskan fungsi tujuan  
Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah minimasi biaya tenaga kerja yang harus dikeluarkan oleh perusahaan
  5. Penyelesaian masalah dengan metode program dinamis.  
Gambar 1 merupakan *block diagram* metode program dinamis sesuai dengan model persamaan fungsi yang telah ditentukan menyesuaikan dengan permasalahan dan tujuan yang akan dicapai.



**Gambar 1.** *Block diagram* programa dinamis

Keterangan:

- $S_n$  = Variabel masukan (input),  $S_1$ : jumlah kebutuhan tenaga kerja minimal dan maksimal,  $S_2, S_3$ , sampai dengan  $S_n$ : jumlah kebutuhan tenaga kerja minimal dan maksimal dan jumlah kebutuhan tenaga kerja yang dipilih di *stage* (bulan) sebelumnya
- $T_j$  = Variabel keputusan yaitu jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan setiap *stage* (bulan)
- $Min C_j$  = Fungsi tujuan untuk minimasi biaya tenaga kerja yang harus dikeluarkan oleh perusahaan

## Hasil dan Pembahasan

Metode programa dinamis yang digunakan untuk menentukan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan pada setiap stasiun kerja pada masing-masing departemen dengan tujuan dapat meminimasi biaya tenaga kerja yang harus dikeluarkan oleh perusahaan dilakukan dengan beberapa tahapan berikut.

### ***Identifikasi Variabel Masukan, Variabel Keputusan, dan Kendala***

Variabel masukan pada penelitian ini adalah kebutuhan tenaga kerja minimal dan maksimal untuk setiap bulannya di setiap stasiun kerja pada masing-masing departemen. Variabel keputusan yang digunakan adalah menentukan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan setiap periode (bulan) di setiap stasiun kerja pada masing-masing departemen. Untuk dapat mengetahui kebutuhan tenaga kerja minimal dan maksimal dilakukan beberapa langkah sebagai berikut:

### ***Peramalan permintaan produk***

Peramalan permintaan merupakan usaha untuk mengetahui jumlah produk atau sekelompok produk di masa yang akan datang dalam kendala satu set kondisi tertentu [12]. Peramalan Permintaan produk dilakukan agar dapat terprediksinya jumlah permintaan produk yang diminta oleh konsumen di masa yang akan datang. Peramalan permintaan dihitung dengan menggunakan *software* SPSS untuk 12 periode ke depan. Peramalan yang dilakukan adalah peramalan permintaan produk transformator dengan tipe produk TLF, TLV, TU dan DRB. Hasil peramalan permintaan produk transformator dengan tipe produk TLF, TLV, TU dan DRB ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil peramalan permintaan

Periode (t)	Produk (pcs)			
	TLF	TLV	TU	DRB
13	427.536	304.943	242.013	166.656
14	439.972	304.293	241.497	166.620
15	452.408	303.483	240.982	166.753
16	464.844	304.240	240.466	166.677
17	477.280	304.006	239.951	166.683
18	489.716	303.910	239.435	166.704
19	502.152	304.052	238.920	166.688
20	514.587	303.989	238.405	166.692
21	527.023	303.983	237.889	166.695
22	539.459	304.008	237.374	166.692
23	551.895	303.993	236.858	166.693
24	564.331	303.995	236.343	166.693

### ***Perhitungan waktu baku***

Waktu baku merupakan waktu yang diperlukan oleh pekerja normal untuk menyelesaikan pekerjaannya secara wajar dengan suatu sistem kerja [13]. Dalam menentukan waktu baku selain perlunya data yang seragam, jumlah pengukuran yang cukup serta penyesuaian, hal lain yang harus diperhatikan adalah menambah kelonggaran atas waktu normal yang telah didapatkan. Kelonggaran diberikan untuk tiga hal yaitu kebutuhan pribadi, menghilangkan rasa *fatigue*, dan hambatan-hambatan yang tidak dapat dihindarkan. Hasil proses perhitungan waktu baku berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh pada pembuatan produk transformator di setiap stasiun kerja ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil perhitungan waktu baku

Stasiun kerja	TLF		TLV		TU		DRB	
	Waktu baku (mnt)	Waktu baku (jam)						
SK-1	127	0.0211	127	0.0211	126	0.0209	137	0.0228
SK-2	140	0.0234	140	0.0234	138	0.0229	146	0.0244
SK-3	170	0.0284	170	0.0284	172	0.0287	173	0.0289
SK-4	124	0.0207	124	0.0207	123	0.0206	124	0.0206
SK-5	123	0.0204	123	0.0204	122	0.0203	122	0.0203
SK-6	123	0.0204	123	0.0204	123	0.0205	124	0.0206
SK-7	144	0.0240	144	0.0240	144	0.0240	144	0.0240

### ***Perhitungan volume kerja***

Setelah dilakukan penentuan waktu baku pekerjaan terhadap keseluruhan stasiun kerja pada keempat departemen, serta telah didapatkannya hasil peramalan permintaan produk untuk 12 periode ke depan, selanjutnya akan ditentukan volume kerja yang harus dipenuhi agar permintaan produk dapat diketahui sesuai jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan. Penentuan volume kerja tersebut didapat dari hasil perkalian antara hasil peramalan permintaan produk dengan waktu baku antarstasiun kerja di tiap departemen yang terkait. Hasil perhitungan volume kerja (contoh untuk jenis transformator TLF) ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil perhitungan volume kerja produk TLF

Periode	Volume kerja pembuatan produk TLF (jam-orang)						
	SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-5	SK-6	SK-7
1	8940	9731	12343	8773	8639	8626	10238
2	9200	10014	12702	9028	8891	8877	10536
3	9460	10297	13061	9283	9142	9128	10834
4	9721	10580	13420	9539	9393	9379	11132
5	9981	10863	13779	9794	9645	9630	11429
6	10241	11147	14138	10049	9896	9881	11727
7	10501	11430	14497	10304	10147	10131	12025
8	10761	11713	14856	10559	10398	10382	12323
9	11021	11996	15215	10815	10650	10633	12621
10	11281	12279	15574	11070	10901	10884	12918
11	11541	12562	15933	11325	11152	11135	13216
12	11801	12845	16292	11580	11404	11386	13514

### ***Perhitungan kebutuhan tenaga kerja minimal dan maksimal***

Setelah diketahui volume kerja, kemudian dilakukan proses penentuan tenaga kerja minimal dan maksimal yang dibutuhkan di setiap stasiun kerja pada tiap departemen. Penentuan berapa jumlah tenaga kerja ini didasarkan pada jam kerja normal yang ditetapkan oleh perusahaan yaitu sebesar 8 jam per hari sedangkan untuk per bulannya tergantung berapa jumlah hari kerja di dalam waktu 1 bulan tersebut. Sementara itu, adanya keterbatasan jam kerja *overtime* yang ditetapkan perusahaan yaitu setiap tenaga kerja maksimum hanya 2 jam setiap harinya sehingga untuk per bulannya *overtime* dihitung tergantung jumlah hari kerja dan berapa *demand* produk dalam waktu 1 bulan tersebut. Banyaknya tenaga kerja minimal didapat dari besarnya volume kerja dibagi dengan jumlah jam kerja total (penjumlahan jam kerja *regular time* dan *overtime*) tersedia selama satu bulan. Jumlah jam kerja total sebesar 200 jam jika dalam 1 bulan tersebut berjumlah 20 hari kerja (*regular time* 8 jam x 20 hari ditambah *overtime* 2 jam x 20 hari).

Sedangkan untuk penentuan jumlah tenaga kerja maksimal didapat dari besarnya volume kerja dibagi dengan jumlah jam kerja (*regular time*) tersedia selama satu bulan. Hasil perhitungan jumlah kebutuhan tenaga kerja minimal dan maksimal (contoh untuk jenis transformator TLF) ditunjukkan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil perhitungan kebutuhan tenaga kerja minimal dan maksimal produk TLF

Periode	Jumlah tenaga kerja minimal dan maksimal pada produk TLF													
	SK-1		SK-2		SK-3		SK-4		SK-5		SK-6		SK-7	
	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
1	44	55	48	60	61	77	43	54	43	53	43	53	51	63
2	46	57	50	62	63	79	45	56	44	55	44	55	52	65
3	45	56	49	61	62	77	44	55	43	54	43	54	52	64
4	45	55	48	60	62	76	44	54	43	53	43	53	51	63
5	47	59	52	64	66	82	47	58	46	57	46	57	54	68
6	53	67	58	73	74	93	52	66	52	65	52	65	61	77
7	46	57	51	62	64	78	46	56	45	55	45	55	53	65
8	49	61	54	66	68	84	48	59	48	59	48	58	57	70
9	52	65	57	71	73	90	51	64	51	63	51	63	60	75
10	50	61	54	66	69	84	49	60	48	59	48	59	57	70
11	55	68	60	74	76	94	54	67	53	66	53	66	63	78
12	62	77	67	84	85	107	60	76	60	75	59	74	71	88

**Merumuskan Fungsi Tujuan**

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah minimasi biaya tenaga kerja yang harus dikeluarkan oleh perusahaan. Persamaan fungsi biaya tenaga kerja dalam hal ini dibagi ke dalam lima bagian yaitu biaya tenaga kerja *regular time*, *overtime*, dan *subcontract*, perekrutan dan pemberhentian tenaga kerja. Berikut merupakan persamaan fungsinya:

Fungsi tujuan:

$$minimasi C_j = CT_j + CRT_j + CTT_j + COT_j + CST_j \tag{1}$$

Fungsi pembatas:

$$CT_j = CL * T_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \tag{2}$$

$$CRT_j = CR(T_j - T_{j-1}), \quad j = 2, 3, \dots, n, (T_j - T_{j-1}) > 0 \tag{3}$$

$$CTT_j = CT(T_{j-1} - T_j), \quad j = 2, 3, \dots, n, (T_{j-1} - T_j) > 0 \tag{4}$$

$$COT_j = CO * \{(BK_j - (AT_j * T_j), OT * T_j)\} \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \tag{5}$$

$$CST_j = CS * [(BK_j - (AT_j * T_j)) - \min\{(BK_j - (AT_j * T_j), OT * T_j)\}] \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \tag{6}$$

dimana:

- $C_j$  = Biaya total tenaga kerja
- $CL$  = Biaya gaji tenaga kerja selama 1 bulan, Rp 2.683.227,00
- $CR$  = Biaya perekrutan tenaga kerja per orang, Rp 650.000,00
- $CT$  = Biaya pemberhentian tenaga kerja per orang, Rp 5.366.554,00
- $CO$  = Biaya *overtime* tenaga kerja/lembur Rp 23.265,00
- $CS$  = Biaya *subcontract* produk per stasiun kerja/pcs
  - TLF : Rp 127 untuk SK 1–7
  - TLV: Rp 126 untuk SK 1–7
  - TU : Rp 125 untuk SK 1–7
  - DRB: Rp 126 untuk SK 1–7

$BK_j$  = Volume kerja yang akan dipenuhi dari hasil peramalan permintaan  
 $AT_j$  = Jam kerja per orang yang tersedia  
 $OT$  = Total jam kerja lembur  
 $T_j$  = Jumlah tenaga kerja tetap pada periode  $j$

### ***Penyelesaian Masalah dengan Metode Program Dinamis***

Jenis masukan yang digunakan pada metode program dinamis dalam penelitian ini adalah kebutuhan tenaga kerja minimal dan maksimal untuk setiap bulannya di setiap stasiun kerja pada masing-masing departemen. Setelah diketahui kebutuhan tenaga kerja minimal dan maksimal dari stasiun kerja 1–7 pada periode 1–12, maka dilakukan perhitungan biaya tenaga kerja dengan menggunakan fungsi atau persamaan matematika yang telah dibuat. Biaya tenaga kerja ini dihitung dengan mengubah-ubah jumlah tenaga kerja yang menjadi variabel keputusan. Perubahan jumlah tenaga kerja ini berada pada interval kebutuhan tenaga kerja minimal dan maksimal. Jumlah tenaga kerja yang dipilih adalah jumlah tenaga kerja yang mempunyai biaya tenaga kerja paling minimal. Hasil perhitungan jumlah kebutuhan tenaga kerja terpilih (pada periode 1 di stasiun kerja 1) berdasarkan biaya tenaga kerja yang paling minimal (contoh untuk jenis transformator TLF) ditunjukkan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Hasil perhitungan jumlah kebutuhan tenaga kerja terpilih pada periode 1 di stasiun kerja 1 produk TLF

Jumlah tenaga kerja min-maks	Biaya <i>regular time</i>	Biaya <i>overtime</i>	Biaya <i>subcont</i>	Biaya perekrutan tenaga kerja	Biaya pemberhentian tenaga kerja	Biaya total
(dalam satuan ribu)						
44	Rp 118.064	Rp 40.946	Rp 853	Rp 0	Rp 0	Rp 159.864
45	Rp 120.747	Rp 40.489	Rp 0	Rp 0	Rp 0	Rp 161.237
46	Rp 123.431	Rp 36.767	Rp 0	Rp 0	Rp 0	Rp 160.198
47	Rp 126.114	Rp 33.044	Rp 0	Rp 0	Rp 0	Rp 159.158
48	Rp 128.797	Rp 29.322	Rp 0	Rp 0	Rp 0	Rp 158.119
49	Rp 131.481	Rp 25.600	Rp 0	Rp 0	Rp 0	Rp 157.080
50	Rp 134.164	Rp 21.877	Rp 0	Rp 0	Rp 0	Rp 156.041
51	Rp 136.847	Rp 18.155	Rp 0	Rp 0	Rp 0	Rp 155.002
52	Rp 139.530	Rp 14.432	Rp 0	Rp 0	Rp 0	Rp 153.963
53	Rp 142.214	Rp 10.710	Rp 0	Rp 0	Rp 0	Rp 152.924
54	Rp 144.897	Rp 6.988	Rp 0	Rp 0	Rp 0	Rp 151.885
55	Rp 147.580	Rp 3.265	Rp 0	Rp 0	Rp 0	Rp 150.845

Pada Tabel 6, dapat diketahui hasil yang memenuhi keputusan biaya tenaga kerja paling minimum adalah dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 55 orang dengan biaya yang dikeluarkan sebesar Rp 150.845 (dalam satuan ribu). Maka dari itu, jumlah tenaga kerja yang memiliki biaya paling minimal tersebut dijadikan *input* atau masukan untuk perhitungan pada periode selanjutnya yaitu pada periode 2. *Output* keputusan terpilih dijadikan *input* untuk perhitungan selanjutnya dikarenakan penulis menggunakan metode program dinamis. Hasil perhitungan jumlah kebutuhan tenaga kerja terpilih (pada periode 2 di stasiun kerja 1) berdasarkan biaya tenaga kerja yang paling minimal (contoh untuk jenis transformator TLF) ditunjukkan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Hasil perhitungan jumlah kebutuhan tenaga kerja terpilih pada periode 2 di stasiun kerja 1 produk TLF

Jumlah tenaga kerja min-maks	Biaya <i>regular time</i>	Biaya <i>overtime</i>	Biaya <i>subcont</i>	Biaya perekrutan tenaga kerja	Biaya pemberhentian tenaga kerja	Biaya total
	dalam satuan ribuan					
46	Rp 123.431	Rp 42.808	Rp 853	Rp 0	Rp 48.299	Rp 215.391
47	Rp 126.114	Rp 39.095	Rp 0	Rp 0	Rp 42.932	Rp 208.141
48	Rp 128.797	Rp 35.372	Rp 0	Rp 0	Rp 37.566	Rp 201.735
49	Rp 131.481	Rp 31.650	Rp 0	Rp 0	Rp 32.199	Rp 195.330
50	Rp 134.164	Rp 27.927	Rp 0	Rp 0	Rp 26.833	Rp 188.924
51	Rp 136.847	Rp 24.205	Rp 0	Rp 0	Rp 21.466	Rp 182.518
52	Rp 139.530	Rp 20.483	Rp 0	Rp 0	Rp 16.100	Rp 176.113
53	Rp 142.214	Rp 16.760	Rp 0	Rp 0	Rp 10.733	Rp 169.707
54	Rp 144.897	Rp 13.038	Rp 0	Rp 0	Rp 5.367	Rp 163.301
55	Rp 147.580	Rp 9.315	Rp 0	Rp 0	Rp 0	Rp 156.896
56	Rp 150.264	Rp 5.593	Rp 0	Rp 650	Rp 0	Rp 156.506
57	Rp 152.947	Rp 1.871	Rp 0	Rp 1.300	Rp 0	Rp 156.117

Pada Tabel 7, dapat diketahui bahwa biaya perekrutan maupun pemberhentian tergantung pada jumlah tenaga kerja terpilih di periode sebelumnya. Jumlah tenaga kerja yang terpilih di periode sebelumnya adalah 55 orang, maka pada perhitungan biaya tenaga kerja 46 orang diperlukan pemberhentian tenaga kerja sebanyak 9 orang. Sementara itu, pada perhitungan biaya tenaga kerja 56 orang, diperlukan perekrutan sebanyak 1 orang. Hasil yang memenuhi keputusan biaya tenaga kerja paling minimum adalah dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 57 orang dengan biaya yang dikeluarkan sebesar Rp 156.117 (dalam satuan ribu). Maka dari itu, jumlah tenaga kerja yang memiliki biaya paling minimal tersebut dijadikan *input* untuk perhitungan pada periode selanjutnya yaitu pada periode 3. Hal ini dilakukan sampai *stage* (periode) terakhir untuk setiap stasiun kerja di masing-masing departemen PT XYZ. Hasil perhitungan jumlah tenaga kerja terpilih dan biaya tenaga kerja pada setiap periode (contoh untuk jenis transformator TLF) ditunjukkan pada Tabel 8 dan Tabel 9.

**Tabel 8.** Hasil perhitungan jumlah tenaga kerja terpilih berdasarkan biaya tenaga kerja yang paling minimal pada produk TLF

Periode	Jumlah tenaga kerja terpilih berdasarkan biaya tenaga kerja minimal (orang)						
	SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-5	SK-6	SK-7
1	55	60	77	54	53	53	63
2	57	62	79	56	55	55	65
3	56	61	77	55	54	54	64
4	55	60	76	54	53	53	63
5	59	64	82	58	57	57	68
6	67	73	93	66	65	65	77
7	57	62	78	56	55	55	65
8	61	66	84	59	59	58	70
9	65	71	90	64	63	63	75
10	61	66	84	60	59	59	70
11	68	74	94	67	66	66	78
12	77	84	107	76	75	74	88

**Tabel 9.** Hasil perhitungan biaya tenaga kerja yang paling minimal pada produk TLF

Periode	Biaya tenaga kerja minimal (Rp 000)						
	SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-5	SK-6	SK-7
1	Rp 150.845,4	Rp 164.049,4	Rp 207.146,6	Rp 147.992,1	Rp 145.921,2	Rp 145.609,6	Rp 172.727,1
2	Rp 156.117,3	Rp 169.856,5	Rp 225.771,1	Rp 174.617,0	Rp 150.989,5	Rp 150.668,8	Rp 178.877,3
3	Rp 156.850,4	Rp 165.477,6	Rp 215.353,8	Rp 153.956,8	Rp 151.891,1	Rp 151.561,3	Rp 178.999,7
4	Rp 153.889,2	Rp 161.471,0	Rp 215.353,8	Rp 156.435,0	Rp 149.098,5	Rp 148.759,6	Rp 175.427,8
5	Rp 162.508,4	Rp 176.922,6	Rp 224.000,2	Rp 159.388,3	Rp 157.141,7	Rp 156.793,8	Rp 185.839,0
6	Rp 186.296,7	Rp 202.901,3	Rp 256.743,6	Rp 182.691,1	Rp 179.981,9	Rp 179.624,9	Rp 213.002,8
7	Rp 206.907,0	Rp 168.164,9	Rp 212.672,0	Rp 203.932,8	Rp 201.877,5	Rp 201.511,4	Rp 240.342,7
8	Rp 167.615,9	Rp 181.943,7	Rp 230.973,3	Rp 164.342,3	Rp 161.249,1	Rp 161.635,3	Rp 191.144,9
9	Rp 179.357,0	Rp 195.336,7	Rp 247.608,7	Rp 176.434,1	Rp 173.175,6	Rp 173.441,5	Rp 204.975,5
10	Rp 165.001,5	Rp 207.063,2	Rp 228.144,8	Rp 183.153,8	Rp 180.827,1	Rp 180.433,9	Rp 215.556,1
11	Rp 189.731,6	Rp 206.781,7	Rp 262.013,3	Rp 185.932,2	Rp 183.142,8	Rp 182.740,6	Rp 217.106,6
12	Rp 214.717,0	Rp 233.682,8	Rp 296.217,5	Rp 210.432,1	Rp 207.180,1	Rp 206.971,6	Rp 245.839,7

### *Perbandingan Kondisi Aktual dan Metode Usulan*

Untuk data kondisi aktual dan usulan yang akan dibandingkan hanya data permintaan pada bulan April. Hal ini dikarenakan keterbatasan data mengenai jumlah tenaga kerja yang diperoleh. Variabel masukan (*input*) untuk metode programa dinamis adalah kebutuhan tenaga kerja minimal dan maksimal yang dihitung berdasarkan data permintaan pada bulan April di setiap stasiun kerja pada masing-masing departemen. Data permintaan pada bulan April dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan hasil dari pengolahan data yang telah dihitung menggunakan metode programa dinamis sesuai dengan langkah yang sudah dijelaskan sebelumnya, berikut ini merupakan total kebutuhan tenaga kerja pada setiap departemen pada kondisi aktual dan pada kondisi usulan dengan menggunakan data aktual yang disajikan pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Perbandingan jumlah tenaga kerja aktual dan usulan pada bulan April

Stasiun kerja	Metode	TLF	TLV	TU	DRB
SK-1	Aktual	42	36	35	22
	Usulan	35	36	27	21
SK-2	Aktual	22	23	21	21
	Usulan	38	40	30	23
SK-3	Aktual	39	41	43	28
	Usulan	48	49	37	27
SK-4	Aktual	46	48	46	31
	Usulan	34	36	27	19
SK-5	Aktual	27	31	28	23
	Usulan	34	35	26	19
SK-6	Aktual	38	41	38	27
	Usulan	34	35	26	19
SK-7	Aktual	55	62	47	42
	Usulan	40	41	32	22
Total tenaga kerja	Aktual	269	282	258	194
	Usulan	263	272	205	150

Informasi yang diperoleh pada Tabel 10, jumlah tenaga kerja aktual dari stasiun kerja 1–7 pada keempat departemen produk adalah 1.003 orang sedangkan jumlah tenaga kerja dengan metode usulan (programa dinamis) adalah 890 orang. Berdasarkan perhitungan ini dapat diketahui bahwa jumlah tenaga kerja dengan metode usulan jumlahnya lebih

kecil daripada jumlah tenaga kerja aktual yang diperoleh dari perusahaan. Selisih dari jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan perusahaan pada kondisi aktual dan usulan adalah sebanyak 113 orang.

Dalam penentuan biaya tenaga kerja dengan data aktual, biaya tenaga kerja yang dihitung hanya biaya gaji tenaga kerja, biaya lembur dan biaya *subcontract* produk saja. Namun berbeda dengan kondisi usulan, biaya tenaga kerja yang dihitung dengan data aktual menggunakan metode usulan (programa dinamis) meliputi biaya-biaya seperti biaya gaji tenaga kerja, biaya lembur, biaya *subcontract*, biaya perekrutan tenaga kerja serta biaya pemberhentian tenaga kerja. Untuk mengetahui hasil dari perhitungan biaya tenaga kerja pada kondisi aktual dan dengan menggunakan metode usulan pada masing-masing stasiun kerja di setiap departemen produksi, Tabel 11 merupakan tabel mengenai perbandingan biaya tenaga kerja dari kedua metode tersebut.

**Tabel 11.** Perbandingan biaya tenaga kerja aktual dan usulan pada bulan April

Stasiun kerja	Metode	TLF	TLV	TU	DRB
		Biaya (Rp 000)	Biaya (Rp 000)	Biaya (Rp 000)	Biaya (Rp 000)
SK-1	Aktual	Rp 113.670,5	Rp 97.631,9	Rp 94.787,3	Rp 60.287,6
	Usulan	Rp 95.295,3	Rp 99.867,2	Rp 75.972,5	Rp 58.294,8
SK-2	Aktual	Rp 59.853,4	Rp 62.661,2	Rp 57.181,0	Rp 56.395,3
	Usulan	Rp 103.860,9	Rp 110.294,3	Rp 81.023,0	Rp 61.893,6
SK-3	Aktual	Rp 105.558,1	Rp 111.087,6	Rp 116.168,3	Rp 76.279,8
	Usulan	Rp 132.016,5	Rp 133.333,2	Rp 102.050,5	Rp 73.397,7
SK-4	Aktual	Rp 124.608,1	Rp 129.999,8	Rp 124.565,0	Rp 84.227,9
	Usulan	Rp 93.998,9	Rp 97.090,8	Rp 72.584,2	Rp 52.918,9
SK-5	Aktual	Rp 73.306,9	Rp 84.075,0	Rp 75.865,7	Rp 62.573,6
	Usulan	Rp 91.835,5	Rp 95.540,7	Rp 72.498,3	Rp 51.628,8
SK-6	Aktual	Rp 102.546,2	Rp 110.794,7	Rp 102.532,8	Rp 72.844,0
	Usulan	Rp 91.618,7	Rp 96.540,7	Rp 73.402,1	Rp 52.927,3
SK-7	Aktual	Rp 150.254,6	Rp 167.864,5	Rp 127.310,5	Rp 113.940,7
	Usulan	Rp 109.243,4	Rp 113.177,1	Rp 83.755,4	Rp 61.646,5
Total tenaga kerja	Aktual	Rp 729.797,8	Rp 764.114,7	Rp 698.410,6	Rp 526.548,9
	Usulan	Rp 717.869,2	Rp 745.844,1	Rp 561.286,0	Rp 412.707,6

Tabel 11 menunjukkan bahwa metode aktual yang diperoleh dari data perusahaan, perusahaan harus mengeluarkan total biaya tenaga kerja dari stasiun kerja 1–7 pada keempat departemen produk sebesar Rp 2.718.872,0 (dalam satuan ribuan). Sementara dengan menggunakan metode usulan (programa dinamis), perusahaan harus mengeluarkan biaya sebesar Rp 2.437.706,9 (dalam satuan ribuan). Berdasarkan perhitungan ini dapat diketahui bahwa biaya tenaga kerja dengan metode usulan besarnya lebih kecil daripada biaya tenaga kerja aktual perusahaan. Selisih dari biaya tenaga kerja yang harus dikeluarkan perusahaan pada kondisi aktual dan usulan yaitu sebesar Rp 281.165,1 (dalam satuan ribuan).

## Kesimpulan

Hasil dari perbandingan metode aktual dan usulan menggunakan data permintaan aktual diperoleh bahwa jumlah dan biaya tenaga kerja untuk periode April dari SK-1 sampai dengan SK-7 pada keseluruhan produk adalah 1.003 tenaga kerja dengan biaya

Rp 2.718.872 (dalam satuan ribuan) dan pada metode usulan menghasilkan 890 tenaga kerja dengan biaya yang dikeluarkan sebesar Rp 2.437.706,9 (dalam satuan ribuan). Dengan mengimplementasikan metode usulan, perusahaan dapat menghemat biaya yang dikeluarkan dari hasil selisih metode aktual dan usulan yaitu sebesar Rp 2.811.651 (dalam satuan ribuan) dengan 113 jumlah tenaga kerja untuk bulan April.

### Daftar Pustaka

- [1] Badaruddin and F. A. Firdianto, "Analisa Minyak Transformator pada Transformator Tiga Fasa di PT X," *J. Teknol. Elektro*, vol. 7, no. 2, pp. 75–83, 2016, doi: 10.22441/jte.v7i2.828.
- [2] K. R. Baker and D. Trietsch, *Principles of Sequencing and Scheduling*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2009.
- [3] N. Dzikrillah, H. H. Purba, D. Suwazan, and N. Wahjoedi, "Pengendalian Persediaan Melalui Penentuan Produk Strategi," *J. Tek. Ind.*, vol. XI, no. 3, pp. 161–166, 2016, doi: 10.14710/jati.11.3.161-166.
- [4] K. Roidelindho, "Penentuan Beban Kerja dan Jumlah Tenaga Kerja Optimal pada Produksi Tahu," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 3, no. 1, pp. 73–81, 2017.
- [5] E. Sitorus and N. Alfath, "Optimasi Jumlah Tenaga Kerja Berdasarkan Waktu Standard," *J. Sist. Tek. Ind.*, vol. 19, no. 2, pp. 10–14, Aug. 2018, doi: 10.32734/jsti.v19i2.368.
- [6] Z. Zulfaidah, A. M. Ali, and F. Fitriadi, "Penentuan Jumlah Tenaga Kerja Berdasarkan Waktu Standar," *J. Optim.*, vol. 1, no. 1, pp. 69–82, Sep. 2018, doi: 10.35308/jopt.v1i1.170.
- [7] T. Y. T. Kusuma and M. F. S. Firdaus, "Penentuan Jumlah Tenaga Kerja Optimal untuk Peningkatan Produktifitas Kerja (Studi Kasus: UD. Rekayasa Wangdi W)," *Integr. Lab J.*, vol. 7, no. 2, pp. 26–36, 2019.
- [8] A. S. Ramadhani, "Pengukuran waktu baku dan analisis beban kerja untuk menentukan jumlah optimal tenaga kerja pada proses cetak produk lipstick," *Oper. Excell.*, vol. 12, no. 2, pp. 177–188, 2020.
- [9] T. A. Putra, S. S. Riskijah, and J. Setiono, "Optimasi Jumlah Operator Alat Berat pada Pekerjaan Struktur Proyek Apartemen X Menggunakan Dynamic Programming Method," *J. Online Skripsi*, vol. 1, no. 1, pp. 7–15, 2020.
- [10] I. A. R. Widhiawati and I. M. A. Ariawan, "Analisis Biaya Tenaga Kerja dengan Program Dinamik," in *Konferensi Nasional Teknik Sipil 4 (KoNTekS 4)*, 2010, pp. M-245-M–253.
- [11] E. A. Rachma, "Optimasi Perencanaan Produksi dengan Menggunakan Model Sistem Dinamik di PT X," *J. Optimasi Tek. Ind.*, vol. 2, no. 1, p. 36, Mar. 2020, doi: 10.30998/joti.v2i1.4425.
- [12] B. S. Kusuma, "Analisa Peramalan Permintaan Air Minum dalam Kemasan pada PT XYZ dengan Metode Least Square dan Standard Error of Estimate," *Malikussaleh Ind. Eng. J.*, vol. 4, no. 1, pp. 42–47, 2015.
- [13] I. W. Sukania and T. Gunawan, "Analisa Waktu Baku Elemen Kerja pada Pekerjaan Penempelan Cutting Stikee di CV Cahaya Thesani," *J. Energi dan Manufaktur*, vol. 7, no. 2, pp. 119–224, 2014.