

## **BAB II**

### **Tinjauan Pustaka**

#### **2.1 Ergonomi**

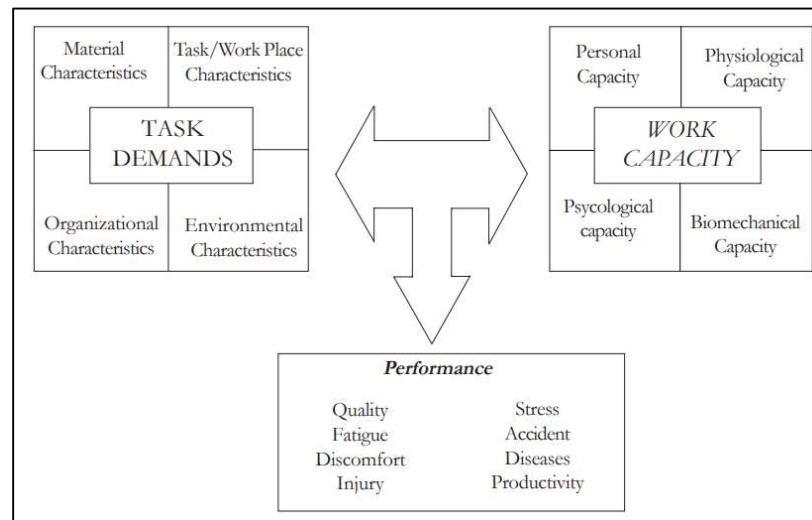
Dalam sebuah industri, kata ergonomi tidaklah asing. Ergonomi menjadi hal yang sangat penting untuk mendukung produktivitas kerja sehingga dapat menghasilkan jumlah *output* yang optimal. Ergonomi berasal dari kata *ergonomos*, yaitu 2 suku kata dari bahasa Yunani. Kata “ergon” memiliki arti kerja, sedangkan “nomos” memiliki arti kaidah, aturan, atau prinsip. Oleh karena itu, secara garis besar, ergonomi dapat didefinisikan sebagai ilmu untuk menyasikan atau menyeimbangkan semua fasilitas yang digunakan baik untuk beraktivitas maupun istirahat dengan batas kemampuan manusia baik fisik maupun mental sehingga kualitas hidup secara keseluruhan dapat tercapai menjadi lebih baik (Tarwaka, Solichul, & Sudiajeng, 2004)

Ilmu ergonomi merupakan salah satu ilmu penting untuk dipelajari karena ergonomi mendukung terciptanya kenyamanan dan keamanan dalam bekerja. Kedua hal ini sangat penting untuk diperhatikan ketika sedang bekerja dikarenakan apabila faktor keamanan dan kenyamanan dihiraukan tentunya akan mengakibatkan beberapa hal fatal. Beberapa kemungkinan yang dapat terjadi adalah adanya penyakit dan kecelakaan kerja yang dapat berakibat pada menurunnya performansi dan efisiensi kerja. Oleh karena itu, penerapan ergonomi tentunya dapat menjadi sebuah kewajiban bagi perusahaan sebagai langkah pencegahan terhadap adanya gangguan dalam proses kerja.

Selain berguna untuk mencegah adanya penyakit dan kecelakaan kerja, dalam penerapannya, ilmu ergonomi juga mempunyai tujuan lain. Tujuan tersebut adalah untuk menciptakan kesejahteraan dan keseimbangan dalam sebuah sistem kerja. Ergonomi mendukung adanya ketepatan dalam setiap koordinasi pekerjaan yang dilakukan untuk menciptakan keseimbangan antara beberapa aspek kerja. Hal ini dilakukan dengan harapan untuk menciptakan kualitas hidup dan kualitas kerja yang baik.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, dalam penerapannya, ergonomi menganut sistem keseimbangan dimana tuntutan kerja yang diberikan harus

berjalan secara seimbang dengan kapasitas kerja. Dengan kata lain, beban kerja yang diberikan tidak boleh terlalu kecil, atau terlalu besar sehingga dapat melampaui kapasitas kerja. Apabila tuntutan atau beban kerja yang diberikan sesuai dengan kapasitas kerja seseorang, hal ini akan mendukung terciptanya performansi dan produktivitas kerja yang tinggi. Konsep keseimbangan sistem kerja lebih jelasnya dijelaskan pada gambar berikut:



Gambar 2. 1 Konsep Keseimbangan Ergonomi

## 2.2 Beban Kerja

Setiap manusia pasti mempunyai batasan beban kerja yang berbeda dalam melakukan pekerjaannya. Beban kerja sendiri didefinisikan sebagai banyaknya pekerjaan yang dibebankan kepada para pekerja. Beban kerja tidak selalu berupa beban fisik, namun juga dapat berupa beban mental. Beban kerja yang berlebihan jika dibiarkan akan menimbulkan stres yang berkepanjangan bagi pekerja. Menurut Faritsy dan Nugroho (2017), kategori berat atau tidaknya beban pekerjaan seseorang dapat ditentukan melalui beberapa pengukuran, antara lain:

1. Laju detak jantung (*heart rate*)
2. Tekanan darah (*blood pressure*)
3. Suhu badan (*body temperature*)
4. Laju pengeluaran keringat (*sweating rate*)
5. Konsumsi oksigen yang dihirup (*oxygen consumption*)
6. Kandungan kimiawi dalam darah (*latic acid content*)

Seperti yang diketahui bersama, setiap manusia mempunyai keterbatasan dalam penerimaan beban kerja. Keterbatasan tersebut berbeda pada setiap manusia dan bergantung pada faktor eksternal dan internal (Soleman, 2011). Berikut merupakan beberapa faktor eksternal yang dipercaya dapat mempengaruhi adanya beban kerja:

1. Tugas

Terdapat 2 macam tugas yang dinilai dapat mempengaruhi beban kerja, yaitu tugas yang bersifat fisik dan mental. Berikut merupakan penjabaran dari masing-masing tugas tersebut:

- a) Tugas fisik meliputi sistem kerja, stasiun kerja, dan sikap kerja.
- b) Tugas mental seperti tanggung jawab pekerjaan, kompleksitas setiap pekerjaan, dan emosi yang dimiliki pekerja.

2. Organisasi kerja yang meliputi keseimbangan durasi antara bekerja dan istirahat.

3. Lingkungan kerja baik secara fisik, kimiawi, biologis, atau psikologis.

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, tidak hanya faktor eksternal, namun faktor internal juga dapat mempengaruhi adanya beban kerja. Faktor internal tersebut antara lain:

1. Faktor somatis, yaitu *gender*, usia, ukuran dan bentuk tubuh, gizi, kondisi kesehatan, dan lain-lain.
2. Faktor psikis, yaitu keinginan bekerja, kepercayaan dalam menjalankan pekerjaan, dan lain-lain.

### **2.2.1 Penilaian Beban Kerja Berdasarkan Jumlah Kebutuhan Kalori**

Kalori merupakan salah satu hal dari sekian banyak hal penting yang dibutuhkan oleh tubuh untuk menunjang aktivitas manusia. Semakin besar kalori yang dibutuhkan dan dikeluarkan oleh seorang manusia, maka akan berbanding lurus dengan beban kerja yang sedang dilaksanakan. Oleh karena itu, perhitungan jumlah kebutuhan kalori yang dibutuhkan atau dikeluarkan dapat digunakan sebagai salah satu metode perhitungan jumlah beban kerja.

Berdasarkan penjelasan di atas, Kementerian Tenaga Kerja telah mengeluarkan sebuah keputusan, yaitu Keputusan Nomor 51 (1999). Keputusan ini

berisi mengenai pembagian kategori beban kerja menurut kebutuhan kalori. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing kategori:

Tabel 2. 1 Beban Kerja Menurut Kebutuhan Kalori

No	Kategori Beban Kerja	Kebutuhan Kalori
1.	Beban kerja ringan	100-200 kkal/jam
2,	Beban kerja sedang	Lebih dari 200-350 kkal/jam
3.	Beban Kerja berat	Lebih dari 350 – 500 kkal/jam

Selain itu, terdapat sebuah pendekatan yang dapat digunakan untuk menghitung dan menentukan jumlah kalori yang dibutuhkan seseorang ketika sedang melakukan pekerjaannya. Jumlah kalori yang dihitung pada pendekatan tersebut bergantung dengan jenis aktivitas yang sedang dilakukan (Suma'mur, 1982 dalam Tarwaka, Solichul, & Sudiajeng, 2004). Berikut merupakan tabel perkiraan kebutuhan kalori badan berdasarkan aktivitas yang dilakukan:

Tabel 2. 2 Kebutuhan Kalori Per Jam Menurut Jenis Aktivitas

No	Jenis Aktivitas	Kilo kalori/jam/kg Berat Badan
1	Tidur	0,98
2	Duduk	1,43
3	Membaca dengan intonasi keras	1,50
4	Berdiri dalam keadaan tenang	1,50
5	Menjahit	1,59
6	Berdiri namun tetap konsentrasi pada sesuatu objek	1,63
7	Berpakaian	1,69
8	Menyanyi	1,74
9	Menjahit dengan mesin	1,93
10	Mengetik	2,00
11	Menyetrika	2,06
12	Mencuci peralatan dapur	2,06
13	Menyapu lantai dengan kecepatan $\pm 38$ kali per menit	2,41
14	Menjilid buku	2,43
15	Melakukan pekerjaan dengan kategori ringan	2,43
16	Jalan ringan dengan kecepatan $\pm 39$ km/jam	2,86
17	Pekerjaan kayu, logam, pengecatan	3,43
18	Melakukan pekerjaan kategori sedang	4,14
19	Jalan dengan kecepatan $\pm 5,9$ km/jam	4,28

Tabel 2. 3 Kebutuhan Kalori Per Jam Menurut Jenis Aktivitas (Lanjutan)

20	Jalan turun tangga	5,20
21	Pekerjaan tukang batu	5,71
22	Melakukan pekerjaan kategori berat	6,43
23	Penggergajian kayu manual	6,86
24	Berenang	7,14
25	Lari dengan kecepatan $\pm 8$ km/jam	8,14
26	Melakukan pekerjaan dengan kategori sangat berat	8,57
27	Berjalan sangat cepat dengan kecepatan $\pm 8$ km/jam	9,28
28	Jalan naik tangga	15,80

Kebutuhan kalori di atas hanya terbatas dalam kebutuhan kalori yang diakibatkan oleh beban kerja utama. Terdapat beberapa hal lain yang dapat mempengaruhi besarnya nilai kalori, seperti beban kerja tambahan dan pengaruh kondisi lingkungan yang tidak ideal. Hal ini tentunya akan berpengaruh terhadap jumlah kalori yang dibutuhkan oleh tubuh.

### 2.3 *Energy Expenditure*

*Energy expenditure* dapat didefinisikan sebagai pengeluaran atau konsumsi energi total individu yang berasal dari berbagai macam komponen. Beberapa komponen atau faktor tersebut diantaranya adalah tingkat metabolisme basal yang dipengaruhi pula oleh efek konsumsi makanan dan aktivitas fisik. Selain itu, *energy expenditure* juga dipengaruhi oleh bentuk tubuh, komposisi tubuh, kebiasaan, dan juga lingkungan (Westerterp, 2016).

Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa *Total Energy Expenditure* (TEE) dapat dibagi menjadi 3 bagian. Bagian tersebut adalah *Resting Energy Expenditure* (REE), *Diet-induced Energy Expenditure* (DEE), dan *Activity-induced Energy Expenditure* (AEE) (Westerterp, 2016). Ketiga bagian tersebut tentunya memiliki fungsi dan perhitungan yang berbeda.

Bagian pertama, yaitu *Resting Energy Expenditure* merupakan energi yang dibutuhkan untuk melakukan proses homeostatis. Proses homeostatis merupakan mekanisme tubuh yang berjalan secara otomatis untuk mempertahankan kondisi tubuh dalam keadaan normal, seperti proses pernafasan dan metabolisme tubuh

manusia. Dalam kondisi istirahat, hampir 60% dari total REE dihabiskan untuk mendukung proses fungsi organ dalam tubuh, yaitu hati, ginjal, otak, dan jantung.

Bagian kedua, yaitu *Diet-induced Energy Expenditure* (DEE) merupakan pengeluaran energi yang terjadi akibat dari konsumsi makanan. Biasanya, *Diet-induced Energy Expenditure* (DEE) diasumsikan sebesar 10% dari keseluruhan *Total Energy Expenditure* (TEE). Namun, hal ini tetap bergantung pada efek termis dari kandungan makanan tertentu, seperti karbohidrat, lemak, dan protein.

Bagian terakhir dari rangkaian *Total Energy Expenditure* (TEE) adalah *Activity-induced Energy Expenditure* (AEE). *Activity-induced Energy Expenditure* (AEE) merupakan perhitungan pengeluaran energi berdasarkan aktivitas fisik yang dilakukan selama satu hari. Selain itu, AEE juga memperhitungkan kapasitas fisik pada seseorang. Sebagai contoh, *energy expenditure* seseorang yang memiliki berat badan 60 kg dan 80 kg ketika melakukan aktivitas fisik tentunya akan berbeda.

### **2.3.1 Hubungan *Energy Expenditure* dengan Usia**

Tingkat produktivitas seseorang dapat diketahui dan dinilai berdasarkan usia. Seseorang dapat dikatakan sedang berada dalam fase produktif apabila berada pada rentang usia 15-64 tahun. Pada rentang usia tersebut, manusia sudah mulai dapat diandalkan dan bekerja guna memenuhi kebutuhan mereka sehari-hari.

Meskipun rentang usia 15-64 tahun dikatakan sebagai usia produktif, namun, tentu saja manusia dengan rentang usia tersebut memiliki tingkat produktivitas yang berbeda. Machado-Rodrigues *et al.*, (2011) menjelaskan bahwa aktivitas fisik cenderung menurun sejalan dengan bertambahnya usia. Tentunya, hal ini juga akan berpengaruh terhadap penurunan tingkat produktivitas seseorang pada usia tertentu.

Amin dan Juniati (2017) menyebutkan bahwa terdapat sistem pembagian usia manusia menjadi beberapa rentang atau kelompok. Masing-masing kelompok ini menggambarkan tahap pertumbuhan dan perkembangan manusia. Kelompok-kelompok tersebut juga dijabarkan oleh Departemen Kesehatan Republik Indonesia dalam *website* resminya sebagai berikut:

Tabel 2. 4 Kategori Usia Berdasarkan Departemen Kesehatan RI

No.	Kategori	Rentang Usia
1.	Masa balita	0 – 5 tahun
2.	Masa kanak-kanak	6 – 11 tahun
3.	Masa remaja awal	12 – 16 tahun
4.	Masa remaja akhir	17 – 25 tahun
5.	Masa dewasa awal	26 – 35 tahun
6.	Masa dewasa akhir	36 – 45 tahun
7.	Masa lansia awal	46 – 55 tahun
8.	Masa lansia akhir	56 – 65 tahun
9.	Masa manula	>65 tahun

Machado-Rodrigues *et al.*, (2011) menjelaskan bahwa tingkatan usia berpengaruh pada *energy expenditure* seseorang. Hasil penelitiannya memaparkan fakta bahwa manusia dengan usia lebih tua memiliki *energy expenditure* lebih besar. Namun, terdapat pula penelitian lain yang menyatakan bahwa ketika remaja usia 10-18 tahun sedang melakukan aktivitas fisik, perempuan dengan usia lebih muda memiliki *energy expenditure* lebih rendah dan laki-laki yang berusia lebih tua memiliki *energy expenditure* yang lebih tinggi dibandingkan dengan usia dibawahnya (Teixeira e Seabra *et al.*, 2008 *cit.* Machado-Rodrigues, *et al.*, 2011). Oleh karena itu, jika tidak memperhatikan jenis kelamin, dapat disimpulkan bahwa usia berpengaruh terhadap *energy expenditure*. Namun, tetap diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui apakah usia sudah cukup berpengaruh terhadap *energy expenditure* atau masih dipengaruhi oleh interaksi variabel lainnya.

### 2.3.2 Hubungan *Energy Expenditure* dengan Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor yang penting untuk mendukung terciptanya lingkungan kerja yang nyaman bagi pekerja. Faktor suhu secara tidak langsung juga dapat berpartisipasi dalam banyak sedikitnya *output* yang dihasilkan oleh pekerja. Suhu yang optimal akan membuat pekerja merasa nyaman dalam melakukan pekerjaannya dan akan berdampak pada jumlah *output* yang akan dihasilkan.

Sihombing (2019) menyatakan bahwa pada suhu 24 – 27 derajat celsius, manusia akan mengalami puncak produktivitas pada saat bekerja. Hal ini juga didukung oleh keputusan Menteri Kesehatan nomor 1405/menkes/SK/XI/2002 yang menyatakan bahwa nilai ambang batas suhu ruangan berkisar antara 18 – 28

derajat celcius. Selain itu, terdapat pula berbagai macam tingkatan *temperature* atau suhu beserta pengaruhnya seperti yang dijelaskan dibawah ini:

Tabel 2. 5 Tingkatan Suhu beserta Pengaruhnya

No	Suhu	Pengaruh
1.	± 49°C	Kondisi dengan suhu ini berada di atas kemampuan fisik dan mental. Kondisi ini dapat ditahan selama 1 jam.
2.	± 30°C	Kondisi ini menyebabkan aktivitas, baik fisik dan mental cenderung menurun, rawan terjadi kesalahan dan kelelahan secara fisik.
3.	± 24°C	Kondisi optimal untuk melakukan pekerjaan.
4.	± 10°C	Kondisi dengan suhu ini akan memunculkan kekakuan fisik sebagai akibat dari suhu yang terlalu ekstrim.

Meskipun tubuh manusia sudah diatur untuk dapat menyesuaikan suhu dan mempertahankan keadaan normal, tetapi suhu yang terlalu ekstrim tentunya juga akan berdampak pada kenyamanan serta produktivitas manusia. Umumnya, pekerjaan akan terasa lebih berat jika suhu terlalu tinggi ataupun terlalu rendah. Tentunya hal ini akan berdampak pada jumlah energi yang dikeluarkan ketika sedang melakukan sebuah pekerjaan tertentu. Purwaningsih, Ratna dan Aisyah (2016) menjelaskan bahwa suhu lingkungan yang terlalu tinggi atau berkisar di atas 30°C dapat menyebabkan adanya gangguan kerja dan peningkatan kebutuhan energi oleh para pekerja. Selain itu, Westertep (2016) juga menjelaskan bahwa *energy expenditure* dipengaruhi oleh suhu lingkungan, dimana *energy expenditure* akan meningkat di lingkungan yang ekstrim. Oleh karena itu, mengatur suhu sesuai dengan nilai batas ambang, yaitu sekitar 18 – 28 derajat celcius sangat penting untuk dilakukan guna menjaga produktivitas kerja dan menghindari terjadinya kelelahan terhadap pekerja.

### 2.3.3 Hubungan *Energy Expenditure* dengan Kelembaban

Faktor suhu dan kelembaban merupakan faktor penting ketika ingin menciptakan lingkungan yang nyaman dalam bekerja. Kedua faktor ini saling berhubungan satu sama lain. Hal ini dikarenakan perubahan suhu akan berakibat pula pada perubahan kelembaban. Biasanya, semakin tinggi tingkat suhu, maka akan berakibat pada semakin rendahnya tingkat kelembaban dan begitupula sebaliknya.



Menteri Kesehatan juga memiliki peraturan mengenai tingkat kelembaban ideal dalam lingkungan kerja. Hal ini dijelaskan oleh Wardana (2020) yang mengungkapkan bahwa lingkungan kerja yang ideal berada pada suhu 18 – 28 derajat celsius dengan tingkat kelembapan udara sebesar 40 – 60% RH. Kelembaban udara yang berada di atas 60% akan memicu pada pertumbuhan virus, bakteri, dan jamur yang akan berbahaya bagi kesehatan pekerja nantinya, terlebih jika terdapat pekerja yang memiliki gangguan kesehatan berupa asma. Sedangkan tingkat kelembaban udara di bawah 40% akan menyebabkan kulit, tenggorokan, dan mata menjadi gatal sehingga rentan terhadap berbagai macam penyakit.

Terdapat sebuah penelitian yang menjelaskan mengenai pengaruh kelembaban terhadap *energy expenditure*. Dalam penelitiannya, Valencia., *et al.*, (1991) membagi kelembaban menjadi 2 kelompok, yaitu kelompok kelembaban normal sebesar 50-65% dan kelompok kelembaban tinggi, yaitu sebesar 80-93%. Hasil penelitiannya menjelaskan bahwa faktor kelembaban relatif tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya *energy expenditure*. Namun, penelitian tersebut juga menjelaskan adanya kemungkinan bahwa kelembaban dapat berpengaruh terhadap jumlah *energy expenditure* diluar rentang suhu yang diukur.

## **2.4 Uji Prasyarat Analisis**

Uji prasyarat analisis merupakan sebuah metode yang harus dilakukan sebelum melakukan penelitian eksperimen. Hal ini dilakukan untuk menjamin validitas hasil penelitian yang dilakukan. penelitian ini menggunakan dua macam uji prasyarat analisis, yaitu uji normalitas dan homogenitas. Kedua jenis pengujian tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

### **2.4.1 Uji Normalitas**

Uji normalitas bertujuan untuk melihat persebaran data yang digunakan. Data yang digunakan harus tersebar secara normal dan memenuhi kaidah distribusi normal. Terdapat beberapa macam pengujian yang dapat digunakan untuk melakukan uji normalitas, diantaranya adalah dengan menggunakan metode *chi-square*, *liliefors*, dan *Kolmogrov Smirnov*. Dalam penelitian ini, digunakan metode

kolmogrov Smirnov dan akan dikatakan terdistribusi normal apabila nilai  $p\text{-value} > 0,05$ .

#### **2.4.2 Uji Homogenitas**

Uji homogenitas digunakan untuk menilai apakah kelompok variabel yang digunakan sebagai sampel data berasal dari suatu populasi dengan variansi yang sama. Menurut Usmadi (2020), uji homogenitas merupakan salah satu syarat untuk melakukan uji *independent sample t-test* dan *Analysis of Variance* (ANOVA). Namun, sebelum uji homogenitas dilakukan, data yang akan digunakan harus dipastikan telah terdistribusi normal terlebih dahulu.

Uji homogenitas dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai metode, seperti Uji harley, bartlett, levene, dan cochrane. Namun, uji homogenitas yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan uji levene. Penggunaan *software* SPSS dibutuhkan untuk membantu dalam pengujian homogenitas ini. Data akan dianggap seragam atau homogen apabila nilai signifikansi yang dimiliki lebih besar dari 0,05.

### **2.5 Rancangan Percobaan**

Setelah melakukan Uji Asumsi Klasik, langkah selanjutnya adalah membuat rancangan percobaan. Terdapat beberapa metode untuk melakukan rancangan percobaan, salah satunya adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK). Berikut merupakan penjelasan dari metode Rancangan Acak Kelompok (RAK):

#### **2.5.1 Rancangan Acak Kelompok**

Menurut Murniati (2017), Rancangan Acak Kelompok (RAK) merupakan sebuah metode rancangan penelitian dimana data dikelompokkan menjadi beberapa grup yang homogen. Beberapa kelompok atau grup yang telah disusun ini sering disebut dengan *block*. Tujuan pengelompokan ini adalah untuk meminimalisir adanya keragaman varian yang terjadi dalam satu kelompok serta memaksimalkan perbedaan antar kelompok atau *block*. *Block* atau kelompok dapat dikatakan efektif apabila dapat menurunkan jumlah kuadrat galat sehingga tingkat ketepatan meningkat dan jumlah ulangan berkurang.

Pengacakan yang dilakukan oleh metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) dilakukan secara acak, terpisah, dan bebas untuk setiap kelompoknya.

Metode ini dapat membantu untuk melakukan pengacakan, dimana seluruh perlakuan akan diuji coba kepada semua kelompok. Berikut merupakan tabel pembagian perlakuan dan kelompok yang digunakan dalam metode Rancangan Acak Kelompok (RAK):

Kelompok	Perlakuan					Total Kelompok
	P1	P2	P3	P4	P5	
1	$Y_{11}$	$Y_{21}$	$Y_{31}$	$Y_{41}$	$Y_{51}$	$Y_{.1}$
2	$Y_{12}$	$Y_{22}$	$Y_{32}$	$Y_{42}$	$Y_{52}$	$Y_{.2}$
3	$Y_{13}$	$Y_{23}$	$Y_{33}$	$Y_{43}$	$Y_{53}$	$Y_{.3}$
Total Perlakuan ( $Y_i$ )	$Y_{1.}$	$Y_{2.}$	$Y_{3.}$	$Y_{4.}$	$Y_{5.}$	$Y_{..}$
Total Keseluruhan ( $Y_{..}$ )	$Y_{..}$					

Gambar 2. 2 Pembagian Data Metode Rancangan Acak Kelompok (RAK)

Perhitungan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dapat dilakukan dengan 1 faktor, 2 faktor, atau bahkan lebih. Meskipun perhitungan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dapat dilakukan secara otomatis dengan menggunakan bantuan *software* SPSS, namun terdapat pula model linier yang dapat digunakan untuk perhitungan manual. Berikut merupakan contoh model linier perhitungan Rancangan Acak Kelompok (RAK):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad (2.1)$$

Keterangan:

$Y_{ij}$  = Hasil pengamatan pada perlakuan ke-i dan kelompok ke-j

$\mu$  = Nilai rata-rata umum

$\tau_i$  = Pengaruh perlakuan ke-i

$\beta_j$  = Pengaruh kelompok ke-j

$\varepsilon_{ij}$  = Pengaruh galat atau error percobaan pada perlakuan ke-i dan kelompok ke-j

Seperti pada metode rancangan percobaan lainnya, metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) juga menggunakan hipotesis dalam pengolahan datanya. Hipotesis yang digunakan dibagi menjadi 2, yaitu hipotesis akibat pengaruh

perlakuan dan pengaruh pengelompokkan. Berikut merupakan hipotesis yang digunakan dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK):

1. Pengaruh perlakuan

$H_0 = \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_i = 0$  atau perlakuan yang dipilih tidak berpengaruh terhadap respon yang diamati.

$H_1 =$  Minimal ada satu perlakuan dimana  $\tau_i \neq 0$

2. Pengaruh pengelompokkan

$H_0 = \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j = 0$  atau kelompok yang dipilih tidak berpengaruh terhadap respon yang diamati.

$H_1 =$  Minimal ada satu kelompok dimana  $\beta_j \neq 0$

### 2.5.2 Percobaan Faktorial

Percobaan faktorial merupakan sebuah rancangan percobaan yang perlakuannya memiliki taraf 2 faktor atau bahkan lebih. Menurut Malau (2005), keragaman atau kombinasi yang ada pada percobaan faktorial disebabkan oleh adanya beberapa faktor, interaksi antar faktor, kelompok, dan galat. Oleh karena itu, penggunaan metode percobaan faktorial memiliki keuntungan tersendiri, yaitu dapat mendeteksi adanya respon pengaruh dari taraf masing-masing kelompok dan juga dapat mengetahui interaksi antara 2 faktor atau lebih.

Perhitungan percobaan faktorial dapat dilakukan dengan manual atau menggunakan *software* SPSS. Perhitungan secara manual metode percobaan faktorial dapat dinyatakan dalam model linier yang menggambarkan keragaman akibat setiap faktor, keragaman akibat interaksi dari setiap faktor, dan keragaman yang terjadi akibat dari galat percobaan. Berikut merupakan model linier dari Percobaan Faktorial Rancangan Acak Kelompok (RAK-F):

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \beta_j + (\rho\beta)_{ij} + \kappa_k + \varepsilon_{ijk} \quad (2.2)$$

Dimana:

$Y_{ijk}$  = Nilai pengamatan pada faktor  $\rho$  taraf ke-i, faktor  $\beta$  taraf ke-j di kelompok ke-k

$\mu$  = Nilai tengah

- $\rho_i$  = Pengaruh faktor  $\rho$  taraf ke-i
- $\beta_j$  = Pengaruh faktor  $\beta$  taraf ke-j
- $(\rho\beta)_{ij}$  = Pengaruh interaksi faktor  $\rho$  taraf ke-i dan  $\beta$  taraf ke-j
- $\kappa_k$  = Pengaruh kelompok ke-k
- $\varepsilon_{ijk}$  = Pengaruh galat faktor  $\rho$  taraf ke-i, faktor  $\beta$  taraf ke-j di kelompok ke-k

Pengambilan keputusan pada percobaan faktorial juga menggunakan hipotesis. Penggunaan hipotesis dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu hipotesis pengaruh utama faktor dan hipotesis dari pengaruh interaksi antar beberapa faktor. Berikut merupakan hipotesis percobaan faktorial berdasarkan model linear yang telah dijelaskan sebelumnya:

1. Pengaruh utama faktor  $\rho$ 
  - $H_0 = \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_i = 0$  atau tidak ada pengaruh dari faktor  $\rho$  terhadap respon yang sedang diamati
  - $H_1 =$  Minimal ada satu perlakuan dimana  $\rho_i \neq 0$
2. Pengaruh utama faktor  $\beta$ 
  - $H_0 = \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j = 0$  atau tidak ada pengaruh dari faktor  $\beta$  terhadap respon yang sedang diamati
  - $H_1 =$  Minimal ada satu perlakuan dimana  $\beta_j \neq 0$
3. Pengaruh interaksi antara faktor  $\rho$  dengan  $\beta$ 
  - $H_0 = (\rho\beta)_{11} = (\rho\beta)_{12} = \dots = (\rho\beta)_{ij} = 0$  atau tidak ada pengaruh dari interaksi faktor  $(\rho\beta)_{ij}$  terhadap respon yang sedang diamati
  - $H_1 =$  Minimal ada satu perlakuan dimana  $(\rho\beta)_{ij} \neq 0$

### 2.5.3 Uji LSD (*Least Significance Difference*)

Uji LSD (*Least Significance Different*) atau biasa disebut dengan Uji Beda Nyata Terkecil merupakan salah satu jenis metode uji yang dapat dilakukan dalam *post-hoc test*. Pengujian jenis ini dapat digunakan untuk melihat adanya perbedaan rata-rata kelompok setelah uji ANOVA (*Analysis of Variance*) dilakukan. Apabila nilai signifikansi menunjukkan adanya pengaruh, maka uji *post-hoc* ini dapat dilakukan.

Metode LSD (*Least Significant Difference*) diperkenalkan oleh Ronald Fisher. Sebelum proses pengolahan data berlangsung, digunakan sebuah hipotesis untuk mendukung pengambilan keputusan. Berikut merupakan hipotesis yang digunakan ketika LSD digunakan:

$$\begin{aligned} H_0: \mu_A = \mu_B = \mu_C \\ H_1: \text{sedikitnya ada 1 pasang } \mu_i \neq \mu_j \end{aligned} \quad (2.3)$$

Berdasarkan hipotesis diatas, terdapat 2 macam kemungkinan keputusan. Keputusan pertama yaitu apabila  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak memiliki makna bahwa tidak ada perbedaan rata-rata dari suatu perlakuan atau kelompok. Artinya, pemberian kelompok atau perlakuan tidak berpengaruh secara signifikan. Sebaliknya, apabila  $H_0$  ditolak tetapi  $H_1$  diterima, maka minimal ada 1 perlakuan atau kelompok yang memiliki perbedaan rata-rata atau pengelompokan yang dilakukan memberikan pengaruh terhadap respon yang diamati.

#### **2.5.4 Koefisien Determinasi**

Koefisien determinasi menjelaskan mengenai sejauh mana kontribusi atau pengaruh dari faktor atau variabel yang diteliti terhadap respon atau variabel terikat. Koefisien determinasi biasanya disimbolkan dengan " $R^2$ ". Sebelum melakukan pengujian koefisien determinasi, persamaan yang digunakan harus memiliki nilai yang signifikan pada uji F yang telah dilakukan sebelumnya. Menurut Sugiarto dan Siagian (2000), apabila nilai  $R^2$  semakin besar, maka model yang terbentuk akan semakin baik pula. Sebaliknya, semakin kecil nilai  $R^2$ , maka hal itu dinilai kurang tepat untuk mewakili data hasil observasi.

#### **2.6 Penelitian Terdahulu**

Penelitian mengenai *energy expenditure* pernah dipublikasikan oleh KR Westerterp secara *online* pada tahun 2016. Penelitian yang memiliki judul *Control of Energy Expenditure in humans* ini berhasil dipublikasikan dalam *European Journal of Clinical Nutrition* pada tahun 2017. Pada penelitian ini, Westerterp menyebutkan bahwa *energy expenditure* pada manusia ditentukan oleh beberapa

hal, diantaranya adalah bentuk tubuh, komposisi tubuh, kondisi lingkungan, dan kebiasaan.

Menurut Westerterp (2017), kondisi lingkungan yang paling berpengaruh terhadap *energy expenditure* adalah suhu. Suhu yang terlalu dingin ataupun terlalu panas akan meningkatkan *energy expenditure* manusia, tentunya dengan reaksi tubuh yang berbeda pula. Untuk bentuk dan komposisi tubuh, Westerterp (2017) menjelaskan bahwa nilai *energy expenditure* akan lebih tinggi pada manusia dengan bentuk dan komposisi tubuh yang lebih besar. Sedangkan untuk faktor kebiasaan, penelitian ini menyebutkan bahwa kebiasaan yang dimaksud menyangkut dengan kebiasaan dalam jumlah konsumsi makanan dan aktivitas fisik yang dilakukan sehari-hari.

Penelitian kedua mengenai *energy expenditure* dilakukan oleh Valencia., *et al* pada tahun 1991. Penelitian ini berjudul *The Effect of Environmental Temperature and Humidity on 24 H Energy Expenditure in Men* dan dipublikasikan dalam *British Journal of Nutrition* pada tahun 1992. Penelitian ini merupakan sebuah penelitian percobaan, dimana subjek penelitian adalah 8 pria dewasa dengan rentang usia 22 – 44 tahun dan BMI sebesar 19,6 – 26,3 kg/m<sup>2</sup>. Selama proses penelitian, 8 orang pria tersebut mendapatkan 3 kali makan dengan jumlah porsi dan nutrisi yang sama.

Hasil dari penelitian ini menjelaskan bahwa nilai kelembaban lebih bervariasi karena adanya perbedaan kelembaban sekitar pada saat pengukuran berlangsung. Hal ini terjadi pada semua subjek penelitian. Setelah pengolahan data dilakukan, pada rentang suhu 20-30 derajat, ditemukan bahwa kelembaban tidak terlalu berpengaruh terhadap *energy expenditure* pada rentang suhu tersebut. Tetapi, peneliti menyebutkan bahwa tidak menutup kemungkinan kelembaban dapat berpengaruh terhadap *energy expenditure* di luar rentang suhu yang telah diukur sebelumnya. Hal ini dapat dikarenakan adanya perbedaan nilai signifikansi yang terlalu kecil dari masing-masing subjek penelitian.