

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

Pada tinjauan pustaka ini berusaha mengumpulkan informasi penelitian terdahulu mengenai perancangan pengadaan instalasi biogas, pengelolaannya serta beberapa sumber buku yang menjelaskan proses pembuatan biogas hingga evaluasi terhadap biogas yang telah diadakan. Penelitian yang terdahulu diperoleh melalui proses eksplorasi. Selain itu juga akan dilakukan identifikasi penelitian sekarang yang sedang dilakukan.

Pada penelitian biogas terdahulu perancangan pabrik biogas di Kulonprogo akhirnya diperoleh informasi salah satu upaya pemanfaatan limbah yaitu dengan menciptakan sumber energi alternatif yang dapat dan mudah diperbaharui. Sumber energi tersebut umumnya dikenal sebagai biogas. Pemanfaatan biogas memegang peranan penting dalam manajemen limbah karena gas metana merupakan gas rumah kaca yang lebih berbahaya dalam pemanasan global bila dibanding dengan karbondioksida.

Hasil yang diperoleh dalam penelitian perancangan pabrik biogas ini prospek biogas sangat menjanjikan karena melimpahnya bahan baku dan menggunakan teknologi ramah lingkungan. Dengan bayangan kapasitas bahan baku yang cukup besar yaitu diatas 80 ribu ton setiap tahunnya, perancangan ini membayangkan bahwa ketika hadirnya pabrik biogas menjadi jawaban kebutuhan masyarakat akan energi terbarukan. Dengan catatan optimasi pemilihan alat proses dan alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan demi mengoptimalkan keuntungan yang dapat diperoleh. (Alvi, 2019)

Adapun hasil penelitian lain dilakukan di lokasi yang telah ada pabrik biogas yaitu di Pasar Buah Gemah Ripah Gamping menyebutkan bahwa pembangkit listrik yang ada sebaiknya dioptimalkan lagi produksinya agar pasar tidak lagi berlangganan ke PLN. Adapun harapannya perlu campur tangan pemerintah untuk mendukung proyek pembangunan energi terbarukan. Selain itu pula pentingnya kesadaran masyarakat dalam pengolahan limbah organik khususnya pedagang di Pasar Buah Gemah Ripah. (Hafiz, 2016)

Dua penelitian di atas perihal biogas ini menjadi studi literatur untuk meninjau lebih lanjut tentang hasil penelitian biogas diharapkan mampu menjadi jawaban dari transisi energi fosil menjadi energi terbarukan. Adapun instalasi biogas yang telah ada sejak lama, ditemukan hasil penelitian berupa evaluasi kehandalan reaktor biogas skala rumah tangga di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang ditulis (Ning Puji Lestari, dkk.) pada Tahun 2016 menunjukkan bahwa faktor *human error* paling sering menjadi penyebab kegagalan reaktor biogas, sehingga proses identifikasi calon pengguna biogas perlu dilakukan. Hal ini menjadi landasan bahwa instalasi biogas yang sudah diterapkan di beberapa tempat di Yogyakarta mengalami kegagalan dalam pengelolaan hingga pola perilaku para pengelolanya.

Permasalahan yang dihadapi dalam penelitian ini ingin meninjau lebih lanjut baik dari perancangan, kemudian proses pembuatan biogas hingga mulai bisa dirasakan oleh pihak pedagang pasar hingga bagaimana pendekatan perilaku yang diterapkan oleh pengelola biogas. Selama ini, sewaktu-waktu jika bahan baku habis maka proses pembangkit listrik tenaga biogas di Pasar Buah Gemah Ripah tidak berjalan. Untuk *supply* bahan baku pun sudah tersedia lokasi yaitu berasal dari pedagan buah seluruh kios di Pasar. Dalam proses pembuatan biogas karena mengandalkan bahan baku yang tersedia di pasar dan jika memenuhi kebutuhan proses pembuatan maka jenis industri ini “proses” dimana perkiraan manfaatnya “sedang” dalam aplikasi industri dan manfaat yang diharapkan.

Pada penelitian kali ini akan mengambil data mengenai proses pembuatan biogas, manajemen produksi pengelolaan bahan baku yang akan menjadi biogas dan menganalisis bagaimana cara pendekatan perilaku setiap stakeholder dalam menanggapi instalasi biogas yang telah tersedia di Pasar Buah Gemah Ripah Gamping sejak Tahun 2011 sehingga kedepannya bisa menjadi lebih optimal. Oleh karena itu, jika data yang diperoleh sudah dikumpulkan dan dianalisa maka dilakukan perbandingan pada keadaan awal sebelum diteliti dengan hasil metode yang digunakan dalam penelitian kali ini.

2. 2. Dasar Teori

Dasar teori ini mencakup definisi dan teori terkait sistem persediaan bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini. Namun sebelum itu akan ada penjelasan terkait “*green*

industry” dimana wawasan proses pengolahan industri ini tidak jauh dengan wawasan lingkungan hidup dan biogas terlebih dahulu.

2.2.1. Industri Berwawasan Lingkungan Hidup

Pada pasal 1 ayat 3 UU RI No. 32 tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup mendefinisikan bahwa lingkungan hidup sebagai berikut “Industri berwawasan lingkungan hidup adalah upaya sadar dan terencana, yang memadukan lingkungan hidup, sosial dan ekonomi dalam strategi pembangunan untuk menjamin keutuhan lingkungan hidup serta keselamatan, kemampuan, kesejahteraan dan mutu hidup generasi masa kini dan generasi masa depan”. Dalam definisi inilah penting untuk di lokasi proses industri baik skala mikro maupun makro juga mempertimbangkan bagaimana aspek dan dampaknya terhadap lingkungan hidup. Sebagai contoh, dalam proses produksi suatu produk, ada menyisakan limbah industri itu sendiri. Limbah industri merupakan permasalahan di banyak tempat dan perlu penanganan yang tepat dan permasalahan limbah ini tidak hanya dihadapi di negara-negara berkembang tetapi juga di negara-negara maju, bukan hanya dihadapi di kota-kota besar tetapi kota-kota yang sedang dan kecil. Permasalahan yang timbul biasanya

- a. Gangguan estetika
- b. Pembuangan limbah padat membutuhkan tanah yang luas dan transportasi mahal
- c. Jumlah dan jenisnya semakin bertambah
- d. Heterogen
- e. Timbulnya air lindi

Oleh karena limbah seperti inilah kita harus merubah paradig baru tentang pengelolaan limbah. Khususnya limbah industri pertanian seperti sampah buah. Dimana kita harus mengubah sampah yang bertumpuk untuk kembali diolah sehingga memiliki nilai guna. Berikut cara merubah paradigma tentang sampah. (Darsono, 2013)

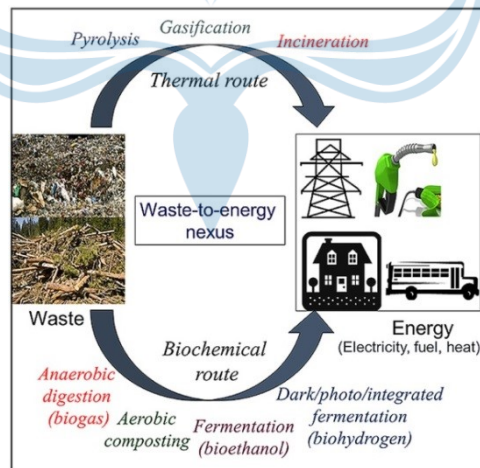
- a. Sampah dipandang sebagai sumber daya yang mempunyai nilai ekonomi dan dimanfaatkan misalnya untuk kompos, energi dan untuk bahan baku industri.
- b. Pengelolaan sampah dilakukan pendekatan yang komprehensif dari hulu, sejak sebelum dihasilkan suatu produk yang berpotensi menjadi sampah,

sampai ke hilir, yaitu pada fase produk sudah digunakan sehingga menjadi sampah, yang kemudian dikembalikan ke media lingkungan secara aman.

Dengan berubahnya paradigma kita tentang sampah maka kita akan mulai mencari alternatif pengolahan sampah yang bisa menyelesaikan masalah tanpa masalah sampah lagi. Contoh pengolahan sampah salah satunya sampah buah sebagai kategori limbah industri pertanian dan sampah organik yang diproses menjadi biogas, kemudian biogas tersebut bisa menjadi listrik atau bahan bakar kompor di beberapa tempat yang belum mendapat akses energi listrik dari PLN.

2.2.2. Konsep *Waste to Energy*

Berawal dari permasalahan sampah buah yang menumpuk, maka penting bagi kita mencari solusi agar tidak mengganggu kondisi lingkungan yang kian memburuk. Padahal jika dikelola dengan baik, maka sampah ini bukan menjadi masalah yang fatal, namun bisa menjadi berkah untuk dikonversi menjadi energi yang kita butuhkan sehari-hari seperti listrik dsb. Berikut adalah gambaran tentang konsep *waste to energy* sebagai jawaban kekhawatiran krisis energi yang disebabkan ketergantungan dengan bahan baku yang berasal dari fosil.



Gambar 2.1. Contoh Diagram Waste to Energy

Dari gambar diatas maka Instalasi Biogas seperti di Pasar Buah Gemah Ripah Gamping ini cukup menjawab bagaimana pengolahan sampah buah dengan tepat. Hal ini dapat mengurangi beban TPA (Tempat Pembuangan Akhir) sampah kota

terkhusus yang tipenya organik, yaitu sampah yang bisa membusuk. Akan tetapi, diperlukannya meninjau potensi daya listrik jika mengandalkan sampah yang ada. Tabel berikut akan menunjukkan potensi daya listrik setiap komposisinya yang terkumpul di TPA.

Tabel 2. 1 Potensi Daya Listrik Berasal dari Sampah Industri

Komponen Sampah	Komposisi (%)	Massa (ton)	Proses Konversi	Potensi Daya Listrik (kW)
<i>Paper and cardboard</i>	4,07	6,29	Termokimia (19,7 x w)	123,87
<i>Textile</i>	1,45	2,24	Termokimia	44,13
<i>Foodwaste</i>	16,37	25,29	Biokimia (4,94 x w)	124,93
<i>Wood</i>	0,95	1,47	Termokimia	28,91
<i>Garden and parkwaste</i>	49,46	76,41	Biokimia	377,47
<i>Nappies</i>	3,10	4,79	Termokimia	94,35
<i>Rubber and leather</i>	0,79	1,22	Termokimia	24,04
<i>Plastic, metals, glass and others</i>	23,81	36,78	Termokimia	724,65
Total	100,0	154,49		15442,35

Sampah yang dihasilkan di Pasar Buah Gemah Ripah Gamping termasuk kategori *foodwaste* karena sebagai sumber pangan manusia namun tidak terjual semua dan tidak layak jual. Hal ini agar tidak hanya terbuang sia-sia maka penting mulai merancang dan menerapkan solusi yang ditemukan untuk dikonversi menjadi sumber energi listrik yang kini telah jadi kebutuhan manusia sehari-hari.

2.2.3. Definisi Energi Biogas

Biogas merupakan gas yang mudah terbakar (*flammable*) yang dihasilkan dari proses fermentasi (pembusukan) bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi tanpa oksigen yang ada dalam udara). (Ambar, 2016)

Sejarah penemuan biogas dimulai dari Warga Mesir, China dan Roma Kuno yang menggunakan gas metan untuk dibakar dan digunakan sebagai penghasil panas. Sedangkan, proses fermentasi untuk menghasilkan gas metan pertama kali ditemukan oleh Alessandro Volta pada tahun 1776. Beberapa dekade berikutnya seperti Pasteur dan Tappeiner pada 1882 memperlihatkan asal mikrobiologis dari pembentukan metan. Era penelitian inilah menjadi landasan penelitian biogas hingga saat ini. Untuk alat pembuatan biogas secara anaerob dibangun pertama kali pada 1900. Teknologi biogas ini mulai diperkenalkan di Indonesia pada tahun 1970-an yang awalnya dikembangkan di pedesaan yang jauh dari akses supply energi namun kini banyak dikembangkan juga di perkotaan seperti di Pasar Buah Gemah Ripah Gamping.

Komposisi biogas mengandung gas metan (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) dan beberapa kandungan senyawa lainnya yang jumlahnya cukup kecil seperti hidrogen sulfida (H_2S), ammonia (NH_3), hidrogen (H_2), serta oksigen (O_2). Berikut tampilan table komposisi biogas dalam tabel 2.1. di bawah ini.

Tabel 2.2. Komposisi biogas secara umum

Komponen	Persentase (%)
Metana (CH_4)	55-75
Karbon dioksida (CO_2)	25-45
Nitrogen (N_2)	0-0,3
Hidrogen (H_2)	1-5
Hidrogen Sulfida (H_2S)	1-5
Oksigen (O_2)	0,1-0,5

Energi biogas memiliki nilai yang mampu dikonversi ketika diproses untuk menjadi nilai energi bahan bakar yang lain yaitu kalori dalam satu (1) m³ biogas dapat disetarakan dengan:

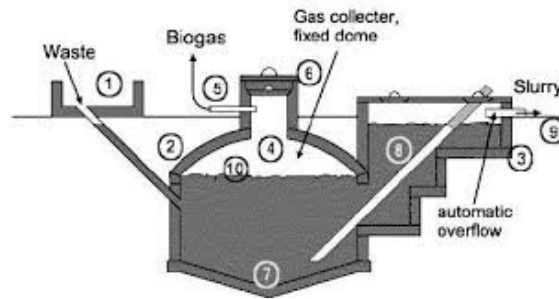
- 6 Kwh energi listrik
- 0,62 liter minyak tanah
- 0,52 liter minyak solar atau minyak diesel
- 0.46 kg elpiji
- 3,50 kg kayu bakar
- 0,80 liter bensin
- 1,50 m³ gas kota

2.2.4. Bahan Baku Biogas dan Biodigester

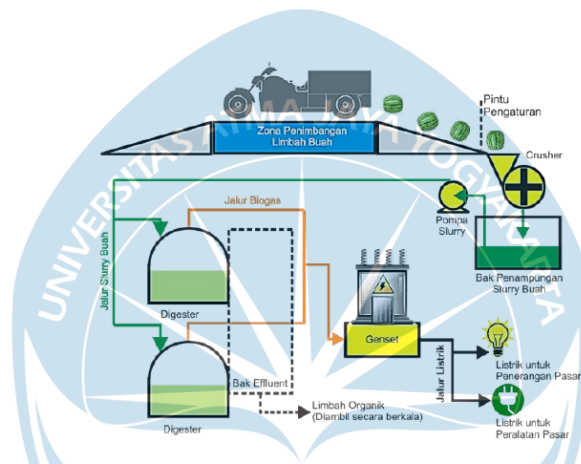
Dalam memproduksi biogas, diperlukan alat untuk menampung bahan baku kemudian ditutup guna proses fermentasi kedap udara (anaerob) untuk pembentukan gas methana. Alat ini adalah reaktor biogas, biasa disebut biodigester.

Adapun bahan baku yang dibutuhkan untuk diproses di biodigester yaitu limbah organik seperti sampah buah dan limbah pertanian lainnya dengan syarat mutlak harus memiliki kandungan karbon, hidrogen dan nitrogen. Tidak hanya itu, bisa juga limbah kotoran seperti di daerah pemukiman atau kelompok ternak hewan-hewan tertentu. Kemudian juga ada pun limbah industri yang memenuhi ketentuan bisa diolah kembali menjadi biogas seperti limbah tahu, limbah tapioka, atau limbah gula. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan bahan baku, tidak semua memiliki nilai kadar kandungan yang sama. Selain itu nilai lainnya seperti nilai ekonomis hingga kemampuan lainnya dalam pengolahan kembali menjadi biogas.

Pada instalasi biogas Pasar Buah Gamping, digester yang digunakan yaitu *fixed dome* sehingga permanen dipasang. Berikut contoh gambar rancangan digester yang ada.



Gambar 2. 2. Digester dome



Gambar 2. 3. Rancangan digester Pasar Buah Gemah Ripah, Gamping

2.2.5. Definisi Ergonomi dan Ergonomi Makro

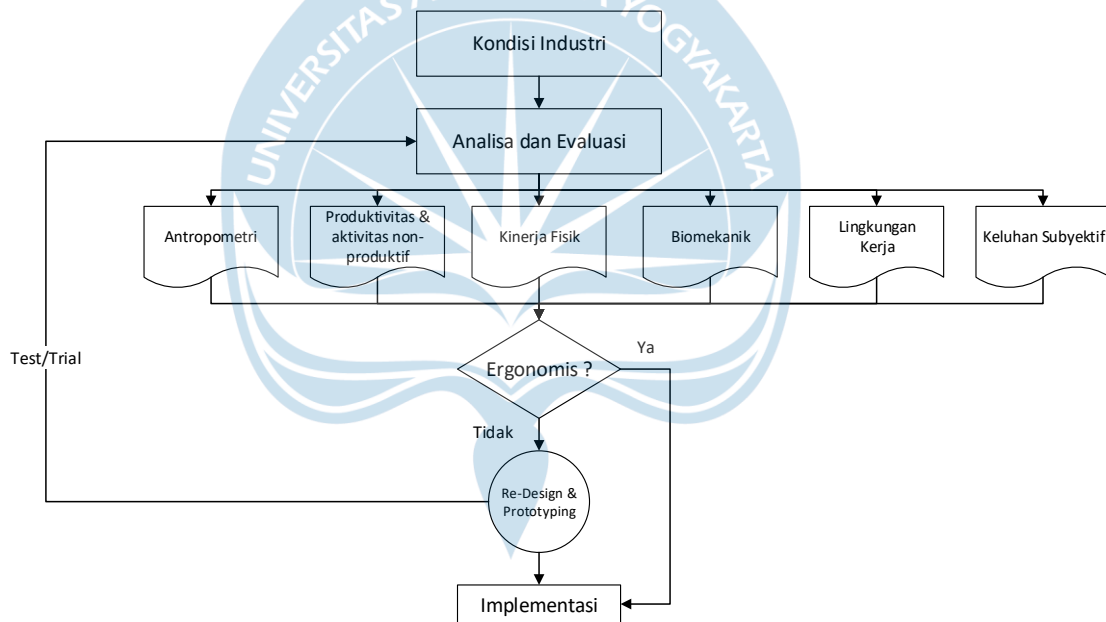
a. Ergonomi

Ergonomi, secara etimologi berasal dari Bahasa Yunani yaitu “*ergos*” yang berarti kerja dan “*nomos*” yang berarti hukum dan aturan. Berlandaskan hal ini pula lahir definisi ergonomi untuk mencakup maksud dan tujuan keilmuan ini lahir. Ergonomi dalam pengertiannya adalah suatu bidang keilmuan dalam industri yang sistematis dalam mencakup beragam informasi yang terkait dalam proses produksi di suatu kegiatan industrial seperti sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia dalam merancang suatu sistem yang aman, sehat, produktif dan nyaman. Dalam merancang suatu sistem yang aman, ada beberapa hal yang perlu ditinjau seperti metode kerja, alat dan mesin kerja, tata letak stasiun kerja, organisasi pelaksanaan kerja dan aturan manajemen kerja.

Ergonomi menjadi penting diterapkan dalam suatu kegiatan industri agar perusahaan dan semua tempat produksi dapat menekan ongkos produksi suatu barang baik biaya secara langsung maupun tidak langsung sehingga terciptalah efisiensi dan produktivitas yang diharapkan. Adapun konsep dasar dalam ergonomi yang dijadikan landasan dalam menerapkan kegiatan industri yang baik yaitu:

1. *Human-centered design*, maksud dari konsep ini adalah dalam suatu sistem kerja terdiri dari Manusia, Mesin, Metode, Material dan Manajemen (5M). Urutan yang dibentuk mengedepankan manusia sebagai pengguna dan pelaku sehingga kemampuan manusia menjadi hal utama dalam membentuk desain kerja dengan segala aspek yang melengkapi proses kerja itu sendiri.
2. *Fit the job to the man*, maksud dari konsep ini bahwa dalam sistem kerja perlu mengutamakan karakteristik manusia. Hal ini sangat perlu diutamakan dalam industri.
3. *People are different*, maksud dari konsep ini menjelaskan bahwa antar manusia sangat bervariasi satu dengan yang lainnya. Termasuk kemampuan kognitif dan fisik masing-masing sehingga jika ditemukan tanggapan yang berbeda terhadap suatu hal maka perlu meninjau kondisi dirinya dan lingkungannya.
4. *There is no best away, there is always a better way*. Maksud dari konsep ini adalah seorang teknik industri (*industrial engineer*) perlu menekan bahwa pentingnya melakukan perbaikan terus menerus. Hal ini menjadi penting terutama menggunakan ergonomi sebagai keilmuan untuk mencapai sistem kerja yang aman, sehat, produktif dan nyaman. Hasilnya pun bisa dirasakan seperti tercapainya hasil produksi yang lebih baik dari sebelumnya.
5. *Ergonomic is economy*, konsep ini dipopulerkan oleh H.W. Hendrick (1996) seorang peneliti ergonomi dari Amerika Serikat. Pada dasarnya, intervensi ergonomi membutuhkan investasi yang besar misalnya penambahan alat kerja yang lebih memadai dan penambahan alat bantu kerja. Jika investasi dibutuhkan, adapun rasio dalam menghitung biaya dan manfaat dengan ukuran 1:2 hingga 1:10 dengan periode investasi dapat kembali dalam 6-24 bulan.

Melalui konsep dasar ergonomi di atas, dalam penerapan ergonomi sebagai bidang keilmuan pun dibagi menjadi 2 yaitu ergonomi mikro dan ergonomi makro. Ergonomi mikro dapat didefinisikan sebagai ergonomi dalam lingkup yang lebih kecil seperti menganalisis postur kerja pekerja, menghitung produktivitas, mendesain alat kerja dan sebagainya ini dapat dikategorikan sebagai ergonomi mikro. Pada dasarnya ergonomi mikro dikhususkan untuk proses yang lebih spesifik. Selanjutnya ada ergonomi makro sebagai kebutuhan industri dalam mengimplementasi penilaian ergonomi dengan cakupan yang lebih luas seperti pada lingkungan dan organisasi suatu perusahaan. Ergonomi makro digunakan untuk meninjau lebih lanjut sistem produksi yang diterapkan oleh organisasi kerja sebagai pengelola kegiatan industri. Bagan detail sistem produksi suatu lokasi industri ada pada gambar 2.4. di bawah ini.



Gambar 2. 4. Bagan Implementasi Ergonomi Dalam Lingkungan Industri

b. Ergonomi Makro

Pada dasarnya ergonomi makro digunakan sebagai metode untuk menganalisis sistem kerja di suatu lokasi produksi dengan ukuran skala yang lebih luas. Metode ini bagian dari perkembangan ilmu ergonomi. Ilmu ergonomi berkembang dari ergonomi mikro ke makro melalui tiga tahap generasi (Hendrick, 1986). Pada generasi pertama, generasi ini mengembangkan sistem manusia dan mesin sehingga keterkaitan antara

ilmu ergonomi dengan kemampuan manusia untuk merancang sistem antarmuka atau interface terhadap mesin yang digunakan. Kemampuan ini antara lain seperti kemampuan fisik, fisiologis, lingkungan dan persepsi. Selanjutnya pada generasi kedua, perkembangan ilmu ergonomi berfokus pada perkembangan teknologi komputer sehingga manusia sebagai pekerja mampu menerima, mempersepsikan, mengolah dan kemudian menyimpulkan informasi yang diperoleh. Generasi kedua ini dikenal sebagai sistem manusia-interaksi komputer (*Human-Computer Interaction/HCI*) atau disebut juga sebagai *Human System Interface Technology (HSIT)*. Generasi ketiga ditandai dengan mulai masuknya faktor organisasi sebagai pengelola suatu tempat produksi seperti perusahaan sebagai tinjauan yang amat penting. Dengan pendekatan sosioteknikal dalam ergonomi maka fokus utamanya disebut ergonomi makro. Tahap ini meninjau lebih lanjut bagaimana penerapan pengetahuan individu dan organisasi, apakah telah sesuai dengan desain, implementasi dan aplikasi teknologi baru.

Pada dasarnya organisasi adalah sekumpulan orang yang sepakat untuk bekerjasama dengan sistematis dan rasional, terencana, terorganisir, dipandu dan dikendalikan oleh beberapa penggunaan sumber daya seperti uang, material, mesin, metode dan lingkungan secara efektif dan efisien demi tercapainya tujuan bersama. Dalam penerapan organisasi yang menggunakan prinsip dengan pendekatan ergonomi makro, ada dua yang telah dipetakan seperti spesialisasi dan departemensialisasi. Spesialisasi itu sendiri adalah proses dan upaya dalam mengarahkan usaha dan kemampuan seseorang pada tugas dan fungsi yang telah ditujukan secara spesifik. Sedangkan departemensialisasi adalah proses mengorganisasi pekerjaan dengan pengelompokan pekerjaan yang telah disusun tugas dan fungsi yang sama pada setiap departemennya.

Dalam pengembangan ilmu ergonomi, untuk meninjau bagaimana keterkaitan individu dan organisasi maka ada metode-metode untuk penerapannya guna meningkatkan efektivitas kerja. Intervensi ergonomi makro telah terbukti membangun budaya kerja untuk menunjukkan kinerja dan keselamatan perbaikan. Beberapa metode yang telah digunakan menurut buku "Ergonomi untuk Pemula" yang ditulis Sugiono dkk, pada Tahun 2018 antara lain sebagai berikut.

1. *Macroergonomic Organizational Questionnaire Survey (MOQS)*, metode ini digunakan untuk menemukan gejala permasalahan dalam perancangan sistem kerja dan mengidentifikasi letak permasalahan bisa terjadi dalam sistem kerja. Metode ini dilakukan dengan cara survei yang cukup cepat dan dengan harga yang terjangkau, selain itu cukup efisien untuk meningkatkan fungsi sistem kerja.

2. *Semistructured interview surveys*, metode ini digunakan untuk mengidentifikasi serta memperoleh wawasan baru mengenai permasalahan yang ada di perancangan sistem kerja.

3. *Focus group discussion (FGD)*, metode ini digunakan untuk mengumpulkan setiap individu yang terlibat dalam sistem kerja. Setelahnya membahas tentang aspek yang lebih spesifik dalam sistem kerja atau lingkungan sosio-teknikal. Capaian dari berhasilnya menggunakan metode ini adalah terkumpulnya persepsi serta opini dalam aspek yang lebih spesifik dalam sistem kerja.

4. *Laboratory approach*, metode ini digunakan untuk mensimulasikan lingkungan sistem kerja guna memanipulasi sistem kerja atau variabel sosio-teknikal seperti kompleksitas sistem kerja, formalisasi, sentralisasi dan lain-lain. Hasil simulasi yang telah dirancang guna menemukan sistem kerja terbaik yang bisa diterapkan.

5. *Field studies dan field experiment*, metode ini digunakan untuk mengamati struktur sistem kerja dan proses dalam pengaturan sistem yang aktual dan mengukur performa yang relevan. Capaian dalam metode ini untuk mengurangi disefisiensi dari sistem kerja dan mengidentifikasi ulang strategi ergonomi makro yang tepat.

6. *Participatory ergonomic*, metode ini digunakan untuk mengevaluasi sistem kerja keseluruhan. Setiap individu dari atasan hingga karyawan wajib terlibat dalam proses ini untuk mengetahui gejala pada masalah yang ditemukan sehingga mampu mengidentifikasi intervensi ergonomi makro.