

BAB II

LITERATUR STUDI DAN LOKASI STUDI

2.1 Tinjauan Proyeksi Penduduk

Dalam rangka perencanaan pembangunan disegala bidang, diperlukan informasi mengenai keadaan penduduk seperti jumlah penduduk, dan susunan penduduk menurut umur. Informasi yang harus tersedia tidak hanya menyangkut keadaan pada saat perencanaan disusun, tetapi juga informasi masa lalu dan masa kini sudah tersedia dari hasil sensus dan survei-survei, sedangkan untuk masa yang akan datang, informasi tersebut perlu dibuat suatu proyeksi yaitu perkiraan jumlah penduduk dan komposisinya dimasa mendatang. Proyeksi penduduk adalah perhitungan jumlah penduduk (menurut komposisi umur dan jenis kelamin) dimasa yang akan datang berdasarkan asumsi arah perkembangan fertilitas, moralitas dan migrasi.

Proyeksi penduduk (*population projections*) dan peramalan penduduk (*population forecast*) sering dipergunakan sebagai dua istilah yang sering dipertukarkan. Meskipun demikian, kedua istilah ini sebenarnya memiliki perbedaan yang sangat mendasar. Berbagai literatur menyatakan proyeksi penduduk sebagai prediksi atau ramalan yang didasarkan pada asumsi rasional tertentu yang dibangun untuk kecenderungan masa yang akan datang dengan menggunakan peralatan statistik atau perhitungan matematik. Di sisi lain, peramalan penduduk (*population forecast*) bisa saja dengan/tanpa asumsi dan atau kalkulasi tanpa kondisi, syarat dan pendekatan tertentu (Smith, 2001:12). Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa peramalan adalah proyeksi, tetapi tidak semua proyeksi membutuhkan peramalan.

Manfaat proyeksi penduduk yaitu:

1. Mengetahui keadaan penduduk pada masa kini, yaitu berkaitan dengan penentuan kebijakan kependudukan serta perbandingan tingkat pelayanan yang diterima penduduk saat ini dengan tingkat pelayanan yang ideal.
2. Mengetahui dinamika dan karakteristik kependudukan di masa mendatang, yaitu berkaitan dengan penyediaan sarana dan prasarana.

3. Mengetahui pengaruh berbagai kejadian terhadap keadaan penduduk di masa lalu, masa kini, dan masa yang akan datang.

Terdapat bermacam-macam metode yang dapat digunakan untuk memproyeksikan penduduk, dimana metode-metode tersebut memiliki asumsi serta kelebihan dan kelemahan masing-masing. Akan tetapi, dalam memilih metode yang akan digunakan untuk proyeksi penduduk perlu mempertimbangkan beberapa hal, antara lain cakupan wilayah studi dan wilayah perencanaan, jangka waktu proyeksi, dinamika perkembangan wilayah studi, presisi dan tujuan penggunaan, ketersediaan data.

Berikut ini metode-metode yang dapat digunakan untuk memproyeksikan penduduk :

2.1.1 Metode aritmatika

Model linear Aritmatik adalah teknik proyeksi yang paling sederhana dari seluruh model trend. Model ini menggunakan persamaan derajat pertama (*first degree equation*). Berdasarkan hal tersebut, penduduk diproyeksikan sebagai fungsi dari waktu, dengan persamaan (Klosterman, 1990:8) :

Dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_t = P_0 (1 + r \times t)$$

Keterangan :

P_t : jumlah penduduk tahun ke t (jiwa)

P_0 : jumlah penduduk tahun ke 0 (jiwa)

r : laju pertumbuhan penduduk (% per tahun)

t : rentang waktu antara P_0 dan P_t (tahun)

2.1.2 Metode geometrik

Asumsi dalam model ini adalah penduduk akan bertambah/berkurang pada suatu tingkat pertumbuhan (persentase) yang tetap. Misalnya, jika P_{t+1} dan P_t adalah jumlah penduduk dalam tahun yang berurutan, maka penduduk akan bertambah atau berkurang pada tingkat pertumbuhan yang tetap (yaitu sebesar P_{t+1}/P_t) dari waktu ke waktu.

Menurut Klosterman (1990), proyeksi dengan tingkat pertumbuhan yang tetap ini umumnya dapat diterapkan pada wilayah, dimana pada tahun-tahun awal

observasi pertambahan absolut penduduknya sedikit dan menjadi semakin banyak pada tahun-tahun akhir. Metode geometrik dalam proyeksi penduduk dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Klosterman, 1990:13) :

Dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_t = P_0 (1 + r)^t$$

Keterangan :

P_t : jumlah penduduk tahun ke t (jiwa)

P_0 : jumlah penduduk tahun ke 0 (jiwa)

r : laju pertumbuhan penduduk (% per tahun)

t : rentang waktu antara P_0 dan P_t (tahun)

2.1.3 Metode eksponensial

Metode eksponensial memiliki asumsi bahwa persentase pertumbuhan penduduk sama setiap hari. Hasil proyeksi penduduk dengan menggunakan metode eksponensial akan berbentuk garis lengkung yang lebih terjal daripada garis lengkung pada metode geometrik.

Metode eksponensial dalam proyeksi penduduk dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

Dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_t = P_0 (2,718)^{rt}$$

Keterangan :

P_t : jumlah penduduk tahun ke t (jiwa)

P_0 : jumlah penduduk tahun ke 0 (jiwa)

r : laju pertumbuhan penduduk (% per tahun)

t : rentang waktu antara P_0 dan P_t (tahun)

2.2 Tinjauan Teori Pengelolaan Sampah

Teori pengelolaan sampah merupakan dari studi literatur yang diambil dari jurnal ataupun buku dari penulis untuk digunakan pada perencanaan ini. teori-teori yang digunakan dalam perencanaan ini terdiri dari pengertian sampah, penggolongan sampah, komposisi sampah, timbulan sampah, pengelolaan sampah,

sistem pengelolaan sampah perkotaan, klasifikasi TPS, dan pengelolaan sampah di TPS/TPST.

2.2.1 Pengertian sampah

Sampah merupakan material sisa baik dalam bentuk padat, cair, maupun gas yang pasti ada di kehidupan masyarakat . Sampah merupakan permasalahan yang sangat umum yang terjadi di masyarakat global. Sampah merupakan material sisa hasil aktivitas yang dibuang sebagai hasil dari proses produksi, baik itu dalam industri maupun rumah tangga. Dapat dikatakan sampah adalah sesuatu yang tidak diinginkan oleh manusia setelah proses dan penggunaannya berakhir. Menurut Ricky febrianto dkk sampah merupakan semua buangan yang dihasilkan oleh aktifitas manusia dan hewan yang berbentuk padat, cair maupun gas yang dibuang karena tidak di inginkan lagi. menurut undang undang RI No. 18 tahun 2008 sampah adalah sisa kegiatan sehari – hari manusia dan / atau proses alam yang berbentuk padat.

2.2.1.1 Penggolongan sampah

Jenis jenis sampah beraneka ragam, mulai dari sampah rumah tangga, sampah industri, sampah pertanian, sampah pasar, sampah peternakan, sampah perkebunan dan lain sebagainya. Dan sampah padat dibagi menjadi dua :

1. Sampah organik

Sampah organik adalah sampah yang berasal dari sisa makhluk hidup yang mudah terurai secara alami tanpa proses campur tangan manusia untuk dapat terurai. Contohnya daun daunan, kayu, sayuran busuk, dan buah buahan busuk

2. Sampah anorganik

Sampah anorganik merupakan sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan non hayati, bisa dari produk sampah logam, sampah plastik, sampah karet, sampah kaleng, sampah kaca, sampah keramik, sampah detergen dll. Sebagian besar bahan anorganik tidak bisa diuraikan oleh alam atau mikroorganisme secara keseluruhan. Contohnya botol plastik, kaca, kertas, yang tidak dapat diurai oleh alam atau mikroorganisme sampah tersebut dan terurai dengan waktu yang cukup lama.

berdasarkan keadaan fisik sampah dikelompokkan sebagai berikut:

- a. Sampah basah (gerbage) merupakan sisa-sisa pengolahan atau sisa-sisa makanan dari rumah tangga atau merupakan timbulan hasil makanan, seperti sayur mayur, yang mempunyai sifat mudah membusuk, dan mengandung air sehingga mudah menimbulkan bau.
- b. Sampah kering (*rubbish*), sampah ini digolongkan menjadi dua jenis yaitu:
 - Golongan sampah tak lapuk, sampah dengan jenis ini tidak bisa lapuk secara alami, meskipun secara bertahun-tahun, seperti plastik dan kaca
 - Golongan sampah tak mudah lapuk merupakan sampah yang bisa lapuk perlahan secara alami, dan sampah jenis ini juga memiliki sifat yang mudah terbakar ataupun tidak mudah terbakar, sampah yang mudah terbakar seperti kertas dan kayu, sedangkan sampah yang tidak mudah terbakar ialah kaleng, dan besi.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 19-3964-1994 tahun 1994 sampah dibedakan menurut sumber penghasil sampah, berikut merupakan sampah dilihat dari aspek sumber sampah sebagai berikut:

- Sumber sampah perumahan yaitu, rumah permanen, rumah semi permanen, dan rumah non permanen.
- Sumber sampah non-perumahan yaitu, kantor, toko/ruko, pasar, sekolah, jalan, hotel, restoran, dan fasilitas umum lainnya. Sedangkan menurut Purnaini, 2011 sumber-sumber sampah dikelompokkan sebagai

Berdasarkan pengertian tersebut bahwa penggolongan sampah dapat dilihat dari jenis sampah dan sumber sampah. Jenis sampah meliputi sampah organik yang merupakan sampah yang berasal dari sayuran, hewan, dan buah-buahan. Sedangkan sampah anorganik merupakan sampah yang berasal dari produk industri yang sulit atau bahkan tidak dapat di uraikan, seperti sampah plastik, kaca, kaleng, dan lainnya.

Sampah berdasarkan sumbernya dibedakan menjadi sampah berasal dari permukiman, industri, sekolah, pasar, toko, kantor, pertanian, dan fasilitas umum lainnya. Pada perencanaan ini penggolongan sampah yang dibahas yaitu sampah organik maupun sampah anorganik yang ada di TPST Klandungan. Sumber sampah yang dibahas oleh perencana adalah sumber sampah dari permukiman penduduk dan fasilitas umum. Hal ini berdasarkan karakteristik guna lahan yang ada di TPST

Klandungan juga mempertimbangkan sumber sampah yang masuk di TPST tersebut.

2.2.1.2 Komposisi sampah

Menurut Damanhuri dan Padmin (2004), mengatakan bahwa pengelompokan sampah berdasarkan komposisinya yang dinyatakan sebagai persentase berat (biasanya berat basah) atau persentase volume (basah) dari kertas, kayu, kulit, karet, plastik, logam, kaca, kain, makanan, dan lain-lain. Adapun komposisi sampah berdasarkan sumber yang menghasilkan sampah menurut Direktorat Pembangunan Penyehatan Lingkungan Permukiman, Komposisi sampah juga dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

1. Frekuensi pengumpulan

Semakin sering sampah dikumpulkan maka semakin tinggi juga tumpukan sampah, tetapi sampah organik akan berkurang karena membusuk dan sampah yang terus bertambah yaitu sampah yang sulit terdegradasi seperti kertas, plastik, dan sampah kering lainnya.

2. Musim

Jenis sampah akan ditentukan oleh musim buah-buahan yang berlangsung pada wilayah tersebut.

3. Tingkat sosial ekonomi

Daerah yang memiliki tingkat ekonomi tinggi umumnya menghasilkan sampah berbahan kaleng, kertas, dan sebagainya.

4. Pendapatan per kapita

Masyarakat yang berpendapatan rendah akan menghasilkan total sampah yang lebih sedikit dan homogen dibandingkan masyarakat berpendapatan tinggi.

5. Kemasan produk

Kemasan produk bahan kebutuhan sehari-hari juga berpengaruh pada komposisi sampah, seperti di negara maju cenderung menggunakan kertas sebagai pengemas sedangkan negara berkembang menggunakan plastik sebagai pengemas.

2.2.1.3 Timbunan dan timbulan sampah

Menurut SNI 19-2454-2002, timbunan sampah adalah banyaknya sampah yang timbul dari masyarakat dalam satuan volume maupun berat perkapita perhari, atau perluas bangunan atau perpanjangan jalan. Timbunan sampah sangat diperlukan untuk menentukan peralatan dalam pengolahan sampah berupa transportasi sampah, fasilitas recovery material, dan fasilitas lokasi pembuangan akhir sampah.

Timbulan sampah menurut Undang-Undang 18 Tahun 2008 menyatakan bahwa banyaknya sampah dalam satuan berat (kg/orang/hari) dan volume (L/orang/hari). Dalam perhitungan laju timbulan sampah pada suatu wilayah pelayanan sampah terdapat beberapa cara seperti :

a. Analisis perhitungan beban (Load Count Analysis)

Analisis dihitung dengan mencatat jumlah masing-masing volume yang masuk ke TPST baik volume, berat, jenis angkutan dan sumber sampah kemudian dihitung jumlah timbulan sampah kota selama periode waktu tertentu.

b. Analisis berat volume (Weight Volume Analysis)

Analisis dihitung berdasarkan volume dan berat sampah. Jumlah timbulan sampah kota dihitung selama periode tertentu.

c. Analisis kesetimbangan bahan (Material Balance Analysis)

Analisis dihitung berdasarkan volume dan berat sampah. Jumlah timbulan sampah kota dihitung selama periode tertentu.

Pehitungan analisis dalam menghitung timbulan sampah yang masuk ke TPST Klandungan menggunakan analisis *Load Count Analysis* karena pehitungan dapat dilakukan melalui kapasitas alat angkut sampah. Standar berat jenis sampah digunakan untuk mengkonveksi satuan volume timbunan sampah di TPST Klandungan dalam meter kubik menjadi satuan berat kilogram. Dalam hal ini karena satuan yang digunakan pada Perencanaan menggunakan satuan kilogram.

2.2.1.4 Pengelolaan sampah

Pengelolaan sampah adalah semua kegiatan yang dilakukan untuk menangani sampah mulai dari timbulan sampah sampai pada pembuangan sampah, kegiatan pengelolaan sampah meliputi pengendalian timbulan sampah, pengumpulan sampah, pengangkutan, pengolahan, dan pembuangan akhir. Menurut Undang-

Undang Nomor 18 Tahun 2008, pengelolaan sampah didefinisikan sebagai kegiatan yang sistematis, menyeluruh dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Pengolahan sampah merupakan kegiatan yang dimaksudkan untuk mengurangi jumlah sampah, disamping memanfaatkan nilai yang masih terkandung dalam sampah itu sendiri (bahan daur ulang, produk lain, dan energi). Definisi lain dari pengelolaan sampah adalah sebagai kontrol terhadap timbulan sampah, pewadahan, pengumpulan, pengangkutan, proses, dan pembuangan akhir sampah. Semua hal tersebut dikaitkan dengan prinsip-prinsip terbaik untuk kesehatan, ekonomi, keteknikan/engineering, konservasi, estetika, lingkungan, dan juga terhadap sikap masyarakat. Pengolahan sampah dapat dilakukan berupa transformasi fisik (pemilahan dan pengurangan), kimia (insenerasi) dan biologi (pengomposan).

Menurut Edo (2008), teknik-teknik pengolahan sampah digunakan dalam sistem pengelolaan sampah untuk meningkatkan efisiensi operasi, menemukan sumber-sumber (bahan-bahan yang berguna) serta mendapatkan hasil dari bahan-bahan yang berguna tadi dan energi yang terus berkembang. Adapun teknik pengolahan sampah adalah sebagai berikut:

- a. Pengomposan (*composting*), adalah suatu cara pengolahan sampah organik dengan memanfaatkan aktivitas bakteri untuk mengubah sampah menjadi kompos (proses pematangan).
- b. Pembakaran sampah, pembakaran sampah dapat dilakukan pada suatu tempat, misalnya lapangan yang jauh dari segala kegiatan agar tidak mengganggu. Namun demikian pembakaran ini sulit dikendalikan bila terdapat angin kencang, sampah, arang sampah, abu, debu, dan asap akan terbawa ketempat-tempat sekitarnya yang akhirnya akan menimbulkan gangguan. Pembakaran yang paling baik dilakukan disuatu instalasi pembakaran, yaitu dengan menggunakan insinerator, namun pembakaran menggunakan insinerator memerlukan biaya yang mahal.

Pengelolaan sampah yang dimaksud dalam perencanaan ini adalah pengelolaan sampah di Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Klandungan dan dapat mereduksi sampah yang akan dikirim ke TPA, dan pengelolaan sampah di Tempat Pengolahn Sampah Terpadu Klandungan yaitu untuk pengotimalan pengelolaan

sampah berdasarkan tipe pengolahan sampah di TPST Klandungan yaitu pengolahan recycle dengan mengubah sampah organik menjadi pupuk kompos, insenerator (pembakaran sampah), dan reuse atau pemanfaatan kembali sampah yang memiliki nilai ekonomi.

2.2.1.5 Sistem pengelolaan sampah perkotaan

Sistem pengelolaan sampah adalah suatu proses untuk mengurangi volume sampah atau mengubah bentuk sampah menjadi bermanfaat, antara lain dengan cara pembakaran, pengomposan, pemadatan, penghancuran, pengeringan, dan pendaur ulang sampah (SNI 19 2454-2002). Kelima aspek tersebut meliputi:

1. Aspek teknis operasional

Teknis operasional pengelolaan sampah perkotaan yang terdiri dari kegiatan pewadahan sampai dengan pembuangan akhir sampah harus bersifat terpadu dengan melakukan pemilahan sejak dari sumbernya. Teknis operasional persampahan meliputi

a. Penyimpanan/Pewadahan sampah

Penyimpanan/pewadahan sampah adalah tempat sementara, sebelum sampah tersebut terkumpul untuk kemudian diangkat serta dibuang atau dimusnakan. Dalam pewadahan sampah umumnya dibedakan menjadi dua yaitu:

- Individu, dimana disetiap sumber timbulan sampah terdapat tempat sampah, seperti tempat sampah di setiap rumah dan perkotokoan
- Komunal, dimana timbulan sampah dikumpulkan pada suatu tempat sebelum sampah tersebut diangkat ke TPA

b. Pengumpulan sampah

Pengumpulan sampah adalah proses penanganan sampah dengan cara pengumpulan dari masing-masing sumber sampah untuk diangkat ke tempat pembuangan sampah sementara, atau ke pengolahan sampah skala kawasan, atau langsung ke tempat pembuangan akhir tanpa melalui proses pemindahan. Pada dasarnya pengumpulan sampah dapat dikelompokkan dalam dua pola pengumpulan:

- Pola individual langsung, dimana pengumpulan dilakukan oleh petugas kebersihan yang men-datangi tiap-tiap bangunan atau sumber sampah dan langsung diangkat untuk dibuang ke TPA (Tempat Pemrosesan Akhir).

Pola pengumpulan ini menggunakan kendaraan truk sampah biasa, *dump truck* atau *compactor truck*.

- Pola individual tidak langsung, dimana daerah yang dilayani umumnya adalah lingkungan pemukiman yang sudah teratur, daerah perkotaan, tempat-tempat umum, jalan dan taman.
- Pola komunal langsung, pengumpulan sampah dilakukan sendiri oleh masing masing penghasil sampah (rumah tangga) ke tempat-tempat penampungan sampah komunal yang telah disediakan atau langsung ke truk sampah yang mendatangi titik pengumpulan.

c. Pemindahan dan Pemilihan Sampah

Pemindahan sampah dapat dilakukan dengan cara manual, mekanis atau gabungan manual mekanis, yaitu pengisian kontainer dilakukan secara manual oleh petugas pengumpul, sedangkan pengangkutan kontainer ke atas truk dilakukan secara mekanis. Untuk pemilihan di lokasi pemindahan dapat dilakukan manual oleh petugas kebersihan dan atau masyarakat yang berminat, sebelum dipindahkan ke alat pengangkut sampah.

d. Pengangkutan Sampah

Pengangkutan sampah adalah proses memindahkan sampah dari suatu tempat atau berbagai tempat ke suatu lokasi pengumpulan sampah. Operasi pengangkutan yang ekonomis ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain:

- Dipilih rute yang sependek-pendeknya dan sedikit hambatan.
- Mempergunakan truk yang kapasitas daya angkutan maksimal yang memungkinkan.
- Mempergunakan kendaraan yang hemat bahan bakar.
- Jumlah trip pengangkutan sebanyak mungkin dalam waktu yang diizinkan.

2. Aspek kelembagaan

- Perancangan dan pemilihan organisasi disesuaikan dengan peraturan pemerintah yang membinanya, pola sistem operasional yang ditetapkan, kapasitas kerja sistem dan lingkup tugas pokok dan fungsi yang harus ditangani. Bentuk kelembagaan pengelola sampah disesuaikan dengan kategori kota.

3. Aspek hukum dan peraturan

Hukum dan peraturan didasarkan atas kenyataan bahwa negara Indonesia adalah negara hukum, dimana sendi-sendi kehidupan bertumpu pada hukum yang berlaku. Manajemen persampahan kota di Indonesia membutuhkan kekuatan dan dasar hukum, seperti dalam pembentukan organisasi, pemungutan retribusi, ketertiban masyarakat dan sebagainya.

4. Aspek pembiayaan

Pembiayaan merupakan sumber daya penggerak agar pada roda sistem pengelolaan persampahan di kota tersebut dapat bergerak dengan lancar. Sistem pengelolaan persampahan di Indonesia lebih diarahkan pada pembiayaan sendiri termasuk membentuk perusahaan daerah.

5. Aspek peran serta masyarakat.

Tanpa adanya peran serta masyarakat semua program pengelolaan persampahan yang direncanakan akan sia-sia. Salah satu pendekatan pada masyarakat untuk dapat membantu program pemerintah dalam kebersihan adalah membiasakan masyarakat pada tingkah laku yang sesuai dengan program persampahan yaitu merubah persepsi masyarakat terhadap pengelolaan sampah yang tertib, lancar dan merata, merubah kebiasaan masyarakat dalam pengelolaan sampah yang kurang baik dan faktor sosial, struktur dan budaya setempat.

2.2.1.6 Pengelolaan sampah di TPS/TPST

Pengelolaan sampah di TPS/TPST berdasarkan SNI-3242-2008 dilakukan sebagai berikut:

1. Pilah sampah organik dan anorganik.
2. Lakukan pengomposan sampah organik skala lingkungan.
3. Pilah sampah anorganik sesuai jenisnya, yaitu:
 - a. Sampah anorganik yang dapat didaur ulang seperti membuat barang kerajinan dari sampah, membuat kertas daur ulang, membuat pellet plastik dari sampah kantong plastik kresek, dan atau;
 - b. Sampah lapak yang dapat dijual seperti kertas, kardus, plastik, gelas/kaca, logam dan lainnya dikemas sesuai jenisnya
 - c. Sampah B3 rumah tangga

- d. Residu sampah
4. Jual sampah bernilai ekonomis ke bandar yang telah disepakati.
5. Kelola sampah B3 sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
6. Kumpulkan residu sampah ke dalam kontainer untuk diangkut ke TPA sampah.

Adapun fasilitas yang dimiliki oleh Tempat Pengolahan Sampah Terpadu menurut Permen No 3/PRT/M/2013 yaitu dilengkapi dengan ruang pemilah, instalasi pengolahan sampah, pengendalian pencemaran lingkungan, penanganan residu, dan fasilitas penunjang serta zona penyangga. Pada Perencanaan ini pengelola sampah di TPS/TPST yang dibahas adalah pengelolaan sampah organik yang dilakukan kegiatan pengurangan sampah dengan prinsip 3R agar sesuai dengan target pengurangan sampah di TPST Klandungan.

2.2.2 Definisi Pengolahan Sampah

Menurut SK SNI 19-2454-2002 pengolahan sampah adalah upaya untuk mengurangi volume sampah dari lokasi pemindahan atau langsung dari sumber sampah menuju ke tempat pembuangan akhir. Teknik-teknik pengolahan sampah dapat berupa pengomposan, pembakaran, daur ulang dan pemadatan.

Sedangkan berdasarkan Peraturan Pemerintah Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2013 tentang penyelenggaraan prasarana dan sarana persampahan dalam penanganan sampah rumah tangga dan sampah sejenis rumah tangga, kegiatan pengolahan sampah adalah kegiatan yang dilakukan untuk mengubah karakteristik sampah, komposisi sampah, dan jumlah sampah. Cara pengolahan sampah yang dibahas dalam perencanaan ini adalah cara pengolahan sampah yang dilakukan di TPST Klandungan.

2.2.2.1 Teknik pengolahan sampah

Teknik pengolahan sampah menurut SNI 19-2454-2002 tentang tata cara teknik operasional pengelolaan sampah perkotaan adalah sebagai berikut:

1. Pengomposan (*composting*)

Pengomposan adalah proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme menjadi kompos, yang merupakan pupuk alami kaya nutrisi. Para ahli mendefinisikan pengomposan sebagai proses biologis yang memanfaatkan mikroba untuk mengubah sampah organik menjadi material yang bermanfaat

seperti humus. Proses ini melibatkan dekomposisi bahan-bahan organik seperti sampah, kotoran ternak, daun, dan sisa tanaman, yang kemudian diubah menjadi pupuk kompos.

2. Pembakaran sampah

Pembakaran sampah dapat dilakukan pada suatu tempat, misalnya lapangan yang jauh dari segala kegiatan agar tidak mengganggu. Namun demikian, pembakaran ini sulit dikendalikan bila terdapat angin kencang, sampah, arang sampah, abu, debu dan asap akan terbawa ke tempat-tempat sekitarnya yang akhirnya akan menimbulkan gangguan. Pembakaran yang paling baik dilakukan disuatu instalasi pembakaran, yaitu dengan menggunakan insinerator.

3. *Recycling*

Recycling merupakan salah satu teknik pengolahan sampah dengan melakukan pemisahan atas benda-benda bernilai ekonomi seperti kertas, plastik, karet dan lain-lain dari sampah yang kemudian diolah sedemikian rupa sehingga dapat digunakan kembali baik dalam bentuk yang sama atau berbeda dari bentuk semula.

4. *Reuse*

Reuse merupakan teknik pengolahan sampah yang hampir sama dengan *recycling*, yang menjadi pembeda pada teknik *reuse* sampah langsung digunakan tanpa ada pengolahan terlebih dahulu.

5. *Reduce*

Reduce merupakan usaha untuk mengurangi potensi timbulan sampah, contohnya seperti tidak menggunakan kantong plastik yang berlebihan.

Konsep pengolahan sampah di TPST Klandungan baru menerapkan konsep 3R, yang dimana dalam pengelolaan sampah 3R merupakan konsep dengan paradigma baru dengan penekanan konsep tersebut menggunakan metode pengolahan sampah yang ramah lingkungan untuk mengurangi sampah. dalam bentuk implementasi 3R yang diterapkan di TPST Klandungan baru menerapkan tipe *recycle*, faktor yang menjadi penyebab di TPST Klandungan baru menerapkan tipe *recycle* adalah kurang nya tenaga kerja yang berada di TPST Klandungan.

2.2.2.2 Skala pengolahan sampah

Skala pengolahan sampah berdasarkan Permen PU Nomor 03 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga yang dilihat dari pengolahannya tebagi menjadi tiga yaitu:

1. Skala Individu

Pengolahan yang dilakukan penghasil sampah secara langsung di sumbernya (rumah tangga).

2. Skala Kawasan

Pengolahan sampah yang dilakukan untuk melayani suatu lingkungan atau kawasan (permukiman, perkantoran, perdagangan, industri, fasilitas sosial, fasilitas umum dan lain sebagainya). Lokasi pengolahan skala kawasan dilakukan di TPST (Tempat Pengolahan Sampah Terpadu).

3. Skala Kabupaten/Kota

Pengolahan yang dilakukan untuk melayani sebagian atau seluruh wilayah kabupaten/kota dan dikelola oleh pengelola kebersihan kabupaten/kota. Lokasi pengolahan dilakukan di Instalasi Pengolahan Sampah Terpadu (TPST).

Pengolahan sampah dengan konsep 3R merupakan upaya pengurangan sampah yang berasal dari sumber sampah yaitu rumah tangga, dimana selanjutnya dilakukan proses pengolahan sampah di TPST. pada bagan tersebut menjelaskan bahwa untuk proses pengolahan sampah yang dilakukan di TPST yaitu dengan tujuan untuk mengurangi sampah rumah tangga dengan input sampah terpilah maupun sampah campuran. Pengelolaan pada TPST dengan input sampah terpilah yaitu sampah sudah ada proses pemilahan pada sumber antara sampah organik dan anorganik sebelum dibawa ke TPST, proses dapat dilakukan pemilahan tersebut juga bergantung pada tingkat partisipasi masyarakat yang tinggi tiap rumah tangga. Sedangkan pengelolaan sampah dengan jenis sampah campuran yaitu seluruh sampah yang berasal dari sumber diangkut ke TPST tanpa adanya partisipasi masyarakat untuk memilah sampah. Menurut Permen PU Nomor 3 Tahun 2013 fungsi TPST yaitu tempat dimana berlangsungnya kegiatan pemisahan dan pengolahan sampah secara terpusat. Kegiatan yang dilakukan di TPST sebagai berikut:

1. Pengolahan lebih lanjut sampah yang telah terpilah di sumbernya
2. Pemisahan dan pengolahan langsung komponen sampah
3. Peningkatan mutu prosuk recovery recycling

Penentuan penggunaan proses pengolahan sampah dapat dilihat dari klasifikasi luasan lahan TPST berdasarkan Pedoman Umum Pengelolaan Sampah 3R Kementerian PU Tahun 2014 bahwa skala pelayanan dan jenis sampah input dibedakan menjadi:

1. Luas minimal TPST 20.000 m²
2. TPST dengan luasan 1000m² dapat menampung sampah dengan atau tanpa proses pemilahan sampah di sumber
3. TPST dengan luasan 200 – 500 m² hanya menampung sampah dalam keadaan terpilah 50% dan sampah campuran 50%
4. TPST luas < 200m² hanya dapat menampung sebaiknya sampah tercampur 20% dan sampah terpilah sebesar 80%

Menurut Direktorat PPLP, 2011 TPST memerlukan fasilitas berdasarkan komponen sampah yang masuk dan yang akan dikelola yaitu,

- a. Fasilitas processing, merupakan tahap awal pemisah sampah, mengetahui jenis sampah yang masuk, dengan proses penimbangan volume sampah yang masuk dan adanya fasilitas penerimaan dibutuhkan untuk mengantisipasi jika kegiatan pengolahan sampah yang terolah tidak secepat dengan sampah yang masuk ke TPST.
- b. Fasilitas pemilahan, dapat dilakukan secara manual yaitu menggunakan tenaga kerja manusia ataupun mekanik,
- c. Fasilitas pengolahan sampah secara fisik, setelah sampah dipilah menurut jenis sampah akan diolah sesuai dengan tipe pengolahannya
- d. Fasilitas pengolahan lain seperti komposting, dan insenerator

Penentuan input sampah sesuai dengan karakteristik lokasi wilayah studi yaitu TPST Klandungan, maka Perencanaan ini dapat diasumsikan pengolahan sampah menggunakan tipe input sampah campuran, karena luas dari total keseluruhan di TPST Klandungan sebesar 3.834 m². Teori jenis input sampah dan teknik pengolahan sampah menurut SNI-T 133-1990-F tentang Tata Cara Pengelolaan Teknik Sampah Perkotaan digunakan sebagai dasar dalam penentuan

alternatif pengolahan sampah di TPST Klandungan sesuai dengan tipe pengolahan yang dapat diterapkan di lokasi studi. Pengolahan yang dilakukan di TPST Klandungan berdasarkan kondisi eksisting yaitu dilakukan proses pemilahan sampah anorganik (*reuse*), pembuatan pupuk kompos pada sampah organik, dan pembakaran sampah menggunakan metode insenerator.

2.2.2.3 Faktor yang mempengaruhi pemilahan tipe pengolahan

Pengelolaan sampah adalah semua kegiatan yang dilakukan untuk menangani sampah sampah sejak ditimbulkan sampai dengan pembuangan akhir. Secara garis besar, kegiatan pengelolaan sampah meliputi pengendalian timbulan sampah, pengumpulan sampah, transfer, dan transpor, pengolahan, dan pembuangan akhir (Kuncoro, 2009). Pengelolaan sampah menurut UU Nomor 18 Tahun 2008 adalah suatu kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Kegiatan pengurangan sampah dapat dilakukan melalui kegiatan sebagai berikut:

- a. Pembatasan timbulan sampah
- b. Pendaauran ulang sampah
- c. Pemanfaatan kembali sampah

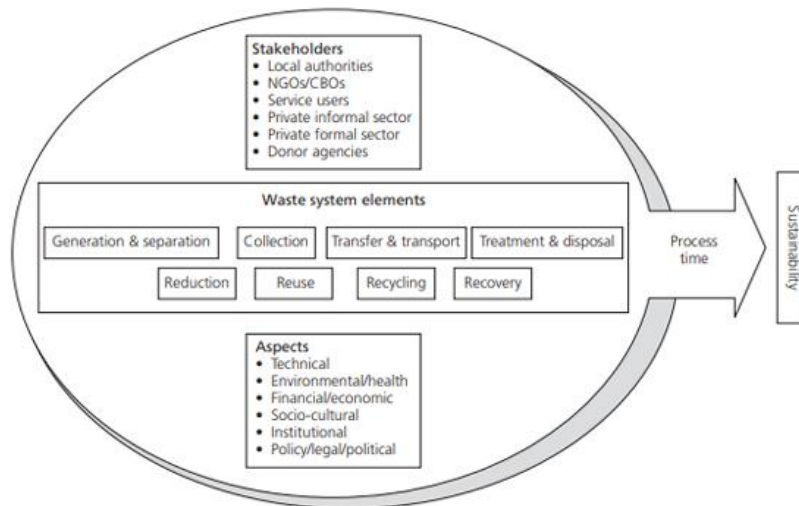
Manajemen pengelolaan sampah diperlukan untuk mengurangi volume sampah melalui kegiatan recycle yang memiliki nilai ekonomi dan lingkungan yang berkelanjutan. Manajemen sampah berkelanjutan (*Integrated waste management*) merupakan konsep dasar dalam batasan penentuan jenis pengolahan sampah dengan kegiatan upaca pengurangan (*reduce*), penggunaan kembali (*reuse*), *composting*, *landfill*, *incenerator*, dan pengolahan lainnya. Berdasarkan hierarki tipe pengolahan pada Gambar 2.1 menyebutkan bahwa tipe pengolahan sampah yang dapat mengurangi sampah terbesar dengan tipe pengolahan reuse, tetapi hirarki pengolahan tersebut dapat dikombinasikan untuk memperoleh hasil yang maksimal.



Gambar 2. 1 Hirarki Manajemen Pengolahan Sampah

Sumber : Mc. Dougal, 2001

Hirarki manajemen pengolahan sampah yang terdapat pada Gambar 2.1 tidak mengidentifikasi bahwa pengolahan sampah yang dilakukan merupakan manajemen pengolahan sampah yang berkelanjutan tetapi hanya sebagai alternatif dalam kegiatan pengolahan apa saja yang dapat mengurangi volume sampah. Manajemen pengelolaan sampah yang berkelanjutan dan terintegrasi fokus pada pengelolaan sampah sebagai multi aktor, kesepakatan multi lapisan sistem sosial teknis, adapun Gambar 2.2 dapat menjelaskan aspek apa saja yang dibutuhkan untuk mencapai pengelolaan sampah yang berkelanjutan.



Gambar 2. 2 Kerangka Pengelolaan Sampah yang Berkelanjutan dan Terintegrasi

Sumber : Wilson et all, 2013

Berdasarkan Gambar 2.2 menyatakan bahwa pengelolaan sampah yang berkelanjutan membutuhkan peran serta dari pemerintah dan masyarakat dimana untuk menjalankan elemen pengelolaan sampah mulai dari sistem pengumpulan

pewadahan dan pengolahan sampah dimana harus dilandasi oleh 6 aspek yaitu teknis, lingkungan, ekonomi, sosial-budaya, institusi, dan politik. Sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan dan terintegrasi memerlukan kerjasama dari semua pihak dan aspek. Aspek-aspek yang dibutuhkan untuk memenuhi pengelolaan sampah yang berkelanjutan dan terintegrasi dapat dijelaskan berikut ini:

a. Aspek Teknis

Aspek teknis yaitu kegiatan pengelolaan sampah yang memiliki sifat terpadu dan berkesinambungan mulai dari kegiatan pewadahan, pengumpulan, pemindahan, pengangkutan pengolahan dan pembuangan akhir. Untuk mengelola sampah hal yang perlu diketahui yaitu karakteristik sampah yang ditimbulkan oleh masyarakat seperti tingkat produksi sampah, dan komposisi sampah. Berjalannya kegiatan pengelolaan sampah harus mempertimbangkan luas lahan yang tersedia untuk mengolah dan menampung sampah (Wilson, 2013).

b. Aspek Lingkungan

Aspek lingkungan bertujuan agar melalui pengolahan sampah yang terpadu dapat mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan baik dari aspek pencemaran udara, tanah, dan air.

c. Aspek Ekonomi

Aspek ekonomi untuk menajamen pengelolaan sampah yang berkelanjutan dan terintegrasi yaitu karena kondisi terbatasnya dana pemerintah untuk melaksanakan tanggung jawabnya dalam membiayai oprasional pelaksanaan manajemen pengelolaan sampah.

d. Aspek Sosial-Budaya

Aspek sosial yaitu berupa peran serta masyarakat, pemulung dan swasta untuk melakukan pengelolaan sampah di perkotaan.

e. Aspek Institusi

Aspek institusi atau kelembagaan dalam manajemen pengelolaan sampah memegang peranan yang sangat penting meliputi status, struktur organisasi, fungsi tanggung jawab dan wewenang serta koordinasi dari badan pengelola.

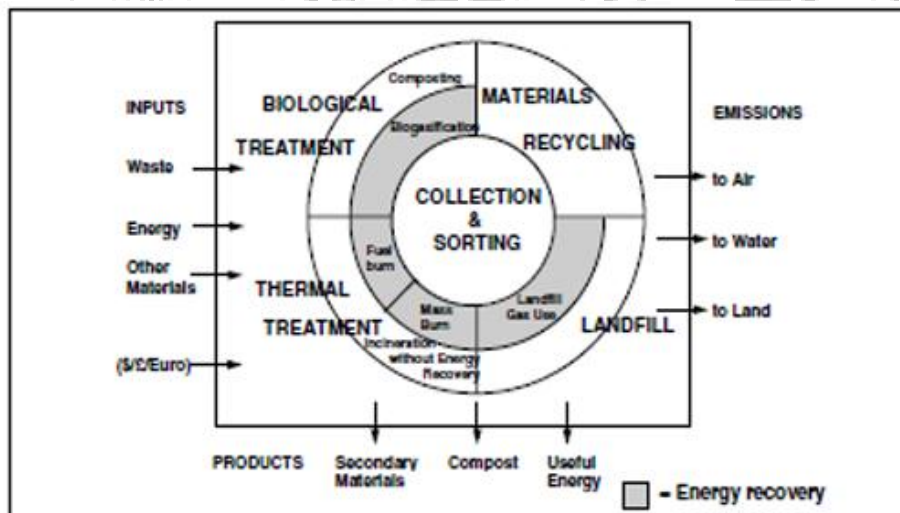
f. Aspek Politik

Aspek politik ini dapat dikatakan oleh peraturan hukum yang mengatur sistem persampahan pada suatu wilayah. Peraturan hukum ini untuk mendukung kegiatan dari lembaga untuk mengolah sampah dengan baik.

Berdasarkan teori ini yang dikemukakan oleh Mc. Dougal (2001) konsep manajemen sampah berkelanjutan ini tidak mengimplikasikan bahwa satu tipe pengolahan lebih baik daripada jenis tipe pengolahan lainnya, namun tipe pengolahan yang berkelanjutan adalah pengolahan yang mampu secara maksimal meminimalisir biaya operasional dan dampak lingkungan.

A. Pertimbangan Aspek Lingkungan

Environment sustainability merupakan tipe pengolahan pada sampah yang tepat dan mampu mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses pengolahan sampah secara maksimal dimana polusi yang dihasilkan seperti emisi energi, emisi udara, air dan tanah (*White et all, 2001*). Metode yang digunakan dalam meminimalisir dampak lingkungan yang dihasilkan untuk mewujudkan manajemen pengolahan sampah yang berkelanjutan yaitu dengan metode *life cycle analysis* yang dikemukakan oleh Mc.Dougall et all, (2001). Analisis ini mampu menghitung jumlah energi dalam pengolahan material dan jumlah emisi gas yang dihasilkan dari proses pengolahan sampah.



Gambar 2.3 *Life Cycle Analysis*

Sumber : Mc. Dougall, 2001

Pada Gambar 2.3 analisis *life cycle* dapat dijelaskan bahwa analisis ini terdiri dari 3 tahap terdiri dari input yaitu sampah, proses pengolahan, dan hasil

pengolahan. Sampah yang masuk ke TPST mengalami proses pengolahan mulai dari proses pemilahan, recycle, komposting, hingga insenerator. Setiap proses pengolahan sampah yang diproses di TPST menghasilkan emisi yaitu terdiri dari emisi udara, air, dan tanah. Dalam perencanaan yang dilakukan di TPST Klandungan yang terdiri dari proses pengolahan reuse, recycle sampah organik menjadi kompos, dan insenerator sesuai dengan karakteristik pengolahan pada TPST tersebut, dan pada perencanaan ini hanya dibatasi pada perhitungan emisi udara yang dihasilkan dari emisi insenerator. Emisi air dan tanah tidak termasuk dikarenakan cairan lindi dan bungan lainnya yang dihasilkan dari proses pengolahan di TPST Klandungan dapat dikontrol sehingga tidak menimbulkan dampak polusi. Cairan lindi dari proses insenerator memiliki wadah tabung untuk mengumpulkannya dan terdapat tutup pada TPST sehingga cairan lindi tidak meluber dan masuk ke dalam tanah saat hujan, selain itu juga cairan lindi yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai pupuk pada tanaman jalan.

B. Pertimbangan Aspek Ekonomi

Economically sustainability berarti tipe pengolahan sampah yang tepat dan memiliki biaya operasional dalam menjalankan proses pengolahan sampah di TPST yang diterima dan dilaksanakan oleh pemerintah, sebagai stakeholder yang menjalankan untuk mengelola sampah kota (Mc.Dougall, 2001). Pertimbangan aspek biaya harus memiliki beberapa syarat yang harus dipenuhi antara lain:

1. *Supply waste material* yang stabil.
2. Tersedia sistem pengangkutan menuju TPST atau TPA.
3. Tersedia proses pemilihan untuk menghasilkan material *raw*.

Sampah input (*waste material*) merupakan kebutuhan yang wajib dipenuhi untuk mencapai proses pengolahan dalam jangka waktu yang panjang, hal ini mengartikan bahwa biaya pengangkutan untuk mengumpulkan sampah (*waste material*) menuju TPST/TPA menjadi aspek yang penting dalam penentuan biaya pengolahan. Karena input sampah (*raw material*) yang stabil dapat menghasilkan produk olahan sampah yang memiliki nilai ekonomi (Mc.Dougall, 2001). Terdapat 2 hal yang dapat mempengaruhi biaya dalam pengelolaan sampah yaitu faktor internal seperti jumlah komposisi sampah yang dapat diolah, biaya perubahan

pengangkutan, dan biaya tambahan akibat ekspansi target pengolahan sampah. Selain itu adanya faktor eksternal terdiri dari harga produk hasil pengolahan sampah dan pajak.

Dalam perencanaan di TPST Klandungan menggunakan 3 aspek yaitu aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek biaya.

1. Aspek ekonomi

Aspek ekonomi dapat dijabarkan menjadi beberapa kriteria, antara lain :

a. Investasi rendah

Keterbatasan anggaran pemerintah daerah dalam melaksanakan kegiatan pengelolaan sampah harus memperhitungkan teknologi pengolahan yang sesuai dengan anggaran yang dikeluarkan daerah dalam tujuan daerah untuk pengurangan volume sampah.

b. Biaya operasional rendah

Pertimbangan biaya operasional yang rendah dilatarbelakangi oleh keterbatasan anggaran yang dikeluarkan daerah dalam kegiatan pengolahan sampah. Oleh karena itu biaya operasional yang murah menjadi pertimbangan dalam menentukan teknologi pengolahan sampah yang akan diterapkan. Komponen biaya operasional terdiri dari gaji pekerja, transportasi, perawatan dan perbaikan teknologi, dan utilitas.

Aspek finansial merupakan salah satu aspek yang cukup penting dalam pengelolaan persampahan. Pendanaan untuk pengelolaan sampah yang tidak mencukupi akan berdampak buruk pada kegiatan pengelolaan yang ada. Kegiatan yang kurang pendanaan akan membuat terhambatnya program dan kegiatan yang sudah dicanangkan pemerintah. Berbagai permasalahan yang timbul utamanya karena keterbatasan dana dari PEMDA setempat. Sebagian besar PEMDA lebih mengutamakan pembiayaan untuk infrastruktur yang lain dibanding pengelolaan sampah. Sebagian besar PEMDA mengalokasikan dana untuk pengelolaan sampah sebesar 5-20 %. Dalam SNI-03-3242-1994 yang mengatur tata cara pengelolaan sampah dipermukiman, perkiraan perbandingan pembiayaan dari total pengelolaan sampah yaitu biaya pengumpulan 20-40 %, biaya pengangkutan 40-60 % dan biaya pembuangan akhir 10-30 %. Pembiayaan TPST berdasarkan Dep. PU (2008), terdiri dari biaya investasi, dan biaya operasional.

1. Biaya investasi

Biaya investasi sebenarnya harus mengikuti harga satuan setempat, atau ketersediaan anggaran dari PEMDA.

2. Biaya operasional

Biaya operasi TPST menurut Teguh et all, 2010 terdiri dari :

- a. gaji pegawai
- b. biaya perlengkapan faslitas
- c. biaya pemeliharaan
- d. biaya bahan bakar
- e. biaya listrik

Komponen biaya menurut Permen PU No 3 Tahun 2013 terdiri dari biaya konstruksi bangunan, biaya konstruksi prasarana dan sarana, biaya pengadaan alat reduksi. Total manfaat bersih (*total net benefit*) merupakan penjumlahan dari manfaat bersih kegiatan operasional TPST (*operasional ner benefit*) ditambah penghematan biaya pengangkutan (*avoided transportation cost*). *Operasional net benefit* didapatkan dari perhitungan biaya dan potensi penerimaan yang dihasilkan dari kegiatan operasional pengolahan sampah, sedangkan *avoided transportation cost* didapatkan dari jumlah biaya pengangkutan ke TPA yang dapat karena adanya pengolahan sampah di TPST. biaya pengangkutan terdiri dari biaya bahan bakar dan biaya perawatan. *Benefit Cost Ratio* (B/C) menunjukkan angka perbandingan antara *benefit* dengan *cost* dan *investment*. Proyek bisa dilaksanakan apabila rasio antara manfaat terhadap biaya yang dibutuhkannya lebih besar dari 1. Perhitungan rasio antara manfaat dan biaya menurut Lampiran Permen PU Tahun 2013 dengan menggunakan rumus.

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Total } B}{\text{Total } C + i}$$

Dimana :

B = *Benefit* (keuntungan)

C = *Cost* (biaya)

i = *Invesment* (investasi)

2.2.3 Tinjauan Analisis

2.2.3.1 Analisis volume sampah

Analisis volume sampah dihitung berdasarkan Permen PU No 3 Tahun 2013 dengan tahapan perencanaan TPST yang ditentukan dari perhitungan volume sampah dengan pendekatan keseimbangan massa. Analisis yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

A. Menghitung jumlah volume sampah

Menghitung volume sampah yang masuk ke TPST menggunakan pendekatan Load count analysis. Metode ini dengan cara mengukur berat sampah yang masuk ke TPST dengan moda pengumpulan seperti gerobak, pick up, atau amroll truck selama 30 hari berturut-turut. Rumus perhitungan volume sampah yang digunakan menurut Lampiran Permen PU No 3 Tahun 2013 yaitu:

$$\text{Generation Rate} = \text{Rit} \times V \times D$$

Keterangan :

Generation Rate : jumlah sampah (kg/hari)

Rit : jumlah perjalanan kendaraan pengangkut (rit/hari)

V : volume gerobak (m³)

D : densitas massa jenis sampah (kg/m³)

B. Menghitung volume dan berat menurut jenis sampah

Berdasarkan SNI 19-3694-1994 komposisi sampah terbagi menjadi dua yaitu sampah organik dan sampah anorganik yang dinyatakan dalam bentuk persentase. Nilai persentase dalam jenis sampah menunjukkan besarnya volume sampah berdasarkan jenisnya. Rumus perhitungan komposisi sampah menurut Tchobanoglous (1993), yaitu:

$$\text{Komposisi (\%)} = \frac{B_i}{BBS}$$

Keterangan :

B_i : berat jenis sampah (kg)

BBS : berat sampah keseluruhan (kg)

2.2.3.2 Analisis Mass Balance

Analisis keseimbangan massa (*Mass Balance Analysis*) adalah analisis keseimbangan material tiap-tiap sumber timbulan sampah (Vigil et al, 1993). Metode pengukuran yang baik dalam menentukan timbulan sampah adalah dengan

melakukan detail analisa keseimbangan metrial sampah pada setiap sumber yang menghasilkan sampah. Tahapan dalam melakukan analisis mass balance yaitu sebagai berikut:

1. Mengetahui jumlah timbulan sampah, jumlah timbulan sampah diketahui dengan melakukan survei lapangan, dan jumlah timbulan sampah diketahui dalam satuan volume maupun berat per kapita perhari
2. Mengetahui komposisi sampah, komposisi sampah terdiri dari sampah basah dan sampah kering yang pewardahannya dipisahkan berdasarkan jenisnya
3. Nilai *recovery factor* diketahui dengan Perencanaan langsung di lapangan pada proses pemilahan sampah. Besar nilai *recovery factor* menunjukkan nol karena sampah yang tercampur dan tidak memiliki nilai ekonomis, serta tidak dapat dijual dalam jumlah sedikit (Astari, 2010)

Perhitungan analisis *mass balance* dilakukan dengan mengetahui jumlah timbulan sampah, komposisi sampah, dan nilai *recovery factor*. Berikut merupakan perhitungan potensi reduksi sampah menggunakan analisis *mass balance*:

Tabel 2. 1 Perhitungan *Mass Balance Analysis*

Jenis Sampah	Berat Sampah (kg)	Rf (%)	Berat Reduksi (kg)	Berat Residu (kg)
Kertas	Besaran berat sampah	Besaran Rf	Berat sampah (kg) x Rf : 100%	Berat sampah (kg) – berat Reduksi (kg)
Plastik				
Kain				
Kayu				
Karet				
Kaca				
Logam				
Lain-lain				
Total	Σ berat sampah		Σ berat reduksi	Σ berat residu

Analisis mass balance dalam Perencanaan ini digunakan untuk mengetahui berat potensi tiap jenis sampah yang diolah di TPST Klandungan.

2.2.3.3 Analisis kebutuhan kapasitas pengolahan sampah TPST

Kapasitas pengolahan sampah menurut Permen PU No 3 tahun 2013 dihitung berdasarkan kebutuhan lahan untuk keperluan kegiatan sorting dan kebutuhan luas penampungan setiap 1 m³ bahan terpilah dengan memperhitungkan maksimum waktu

penyimpanan. Kapasitas pengolahan sampah TPST berdasarkan jenis sampah dan teknologi pengolahan sampah. Kapasitas dihitung berdasarkan parameter luas lahan, tenaga kerja, dan waktu operasional.

A. Kebutuhan lahan pengolahan sampah organik

Pengolahan sampah organik yang diolah menjadi produk briket terdapat beberapa tahap pengolahan yaitu proses pencacahan dan proses pengeringan. Kebutuhan lahan untuk proses recycle sampah organik menjadi briket yaitu:

$$L_1 \text{ pencacahan} = \frac{V \text{ sampah recycle}}{\text{kapasitas mesin} \left(\frac{m^3}{\text{jam}}\right)}$$

$$L_2 = \frac{V \text{ hasil pencacahan}}{t}$$

$$\text{Total luas} = L_1 + L_2$$

B. Kebutuhan lahan pengolahan sampah anorganik

1. Kebutuhan luas lahan pengolahan reuse

Kebutuhan luas lahan dalam proses reuse yaitu pemanfaatan kembali sampah dengan memilah sampah yang memiliki nilai jual seperti sampah kertas, gelas.kaca, plastik, dan logam. Menurut Permen PU No.3 Tahun 2013 yakni tinggi maksimum timbunan sampah adalah 0,5 m. Luas yang dibutuhkan dalam komponen sampah reuse dengan volume bak penimbunan yang butuhkan yaitu:

Tabel 2. 2 Dimensi Bak Penampungan Sampah Reuse

Material	Volume Sampah (m ³)	Dimensi Bak	Kebutuhan Lahan (m ²)
Kertas	Volume hasil pengamatan	1,5 x 1,0	
Gelas/kaca		1,5 x 1,0	
Plastik		1,5 x 1,0	
Logam		1,5 x 1,0	
Total			

2. Kebutuhan Lahan Pengolahan Insenerator

Teknologi insenerator adalah salah satu alat pemusna sampah yang dilakukan dengan proses pembakaran suhu tinggi secara terpadu, sehingga aman bagi lingkungan. Insenerator mampu membakar habis semua sampah menjadi abu. Pembakaran sampah pada TPST Klandungan akan menggunakan pembakaran bertingkat (*double burner with scrubber*) sehingga emisi yang

melalui cerobong tidak berbau. Lahan untuk penempatan insenerator dapat dihitung dengan perhitungan menurut (Azarini, 2017) sebagai berikut:

$$L = \left(\frac{V \text{ sampah } (m^3)}{\text{tinggi bunker } (m)} \right)$$

2.2.3.4 Optimasi Pengolahan Sampah

Optimasi merupakan sebuah topik yang menjadi perhatian bagi beberapa orang yang akan membuat keputusan, sehingga dapat diambil keputusan yang optimal (Mulya, 2017). Optimasi adalah suatu proses untuk mencapai hasil yang ideal atau optimal (nilai efektif yang dapat dicapai). Optimasi menurut ilmu matematika digunakan untuk mencari nilai minimal atau maksimal dari suatu fungsi nyata (Mindaputra, 2009). Menurut Budianto (2013), optimasi berarti pencarian nilai terbaik (minimum atau maksimum) dari beberapa fungsi yang diberikan pada suatu konteks. Optimasi juga dapat diartikan sebagai upaya untuk meningkatkan kinerja sehingga mempunyai kualitas yang baik dan hasil kerja yang tinggi.

Nilai optimal adalah nilai yang didapatkan melalui proses dan dianggap suatu solusi jawaban yang paling baik dari semua solusi yang ada. Nilai optimal ini dapat dicari dengan dua cara, yaitu:

- a. Cara konvensional, yaitu mencoba semua kemungkinan yang ada dengan mencatat nilai yang didapat cara ini kurang efektif, karena optimasi akan berjalan secara lambat.
- b. Cara kedua adalah dengan menggunakan suatu rumus sehingga nilai optimal dapat diperkirakan dengan cepat dan tepat.

Persoalan yang berkaitan dengan optimisasi sangat kompleks dalam kehidupan sehari-hari. Berikut ini adalah beberapa persoalan yang memerlukan optimisasi. Menentukan lintasan terpendek dari suatu tempat ke tempat yang lain, menentukan jumlah pekerja seminimal mungkin untuk melakukan suatu proses produksi agar pengeluaran biaya pekerja dapat diminimalkan dan hasil produksi tetap maksimal, mengatur jalur kendaraan umum agar semua lokasi dapat dijangkau, mengatur routing jaringan kabel telepon agar biaya pemasangan kabel tidak terlalu besar. Salah satu persoalan optimasi saat pembagian tugas atau biasa disebut jobdesk yang mengharuskan seorang proyek manager dapat mengoptimalkan seluruh sumberdaya yang ada. Namun tentunya hal tersebut cukup sulit untuk dilakukan bila menggunakan cara konvensional dan belum tentu

memberikan hasil yang optimal. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah alat yang dapat membantu pengambilan keputusan tersebut dan memberikan hasil yang optimal. Dalam Perencanaan Mulya, (2017) untuk menyelesaikan persoalan penugasan yaitu menggunakan algoritma Hungaria. Metode Hungarian adalah sebuah algoritma kombinasi untuk optimasi yang digunakan untuk menemukan solusi optimal dari permasalahan Personal Assignment Method.

Optimasi pengolahan sampah yaitu suatu strategi dimana untuk mengoptimalkan atau memaksimalkan kinerja pengolahan sampah sesuai dengan target yang diinginkan, seperti pengurangan volume sampah yang masuk ke TPA (Budianti, 2013). Dalam Perencanaan ini optimasi yang dilakukan yaitu dengan pencarian nilai terbaik (minimal atau maksimum) pada volume sampah yang dapat diolah melalui proses *recycle*, pembakaran insenerator dan *reuse* di TPST Klandungan. Nilai terbaik volume sampah yang ideal diambil yaitu hasil optimal menurut perhitungan aspek teknis (kebutuhan lahan) dan aspek ekonomi (BCR). Alat yang membantu dalam pengambilan keputusan optimasi pengolahan sampah di TPST Klandungan ini yaitu dengan metode *Mass Balance*, sehingga diperoleh volume sampah yang ideal dan dapat memenuhi ketiga aspek.

2.3 Tinjauan Teori Perencanaan Struktur Baja

2.3.1 Material baja

Gudang merupakan sebuah ruangan yang tidak bergerak dan tidak dapat dipindah-pindahkan dengan tujuan tidak dikunjungi oleh umum, tetapi untuk dipakai khusus sebagai tempat penyimpanan barang yang dapat diperdagangkan secara umum dan memenuhi syarat-syarat lain yang telah ditetapkan oleh peraturan menteri (PERMENDAG RI Nomor 42 Tahun 2020 Pasal 1 Ayat 2).

Umumnya infrastruktur gudang dengan material baja memiliki kekakuan sepuluh kali lipat dibandingkan beton, dengan struktur yang lebih ringan sehingga menguntungkan jika dibangun pada tanah lunak. Gudang baja ini menggunakan struktur jenis baja dengan profil Pipa, Kanal C (*Channel*), dan I/WF (*Wide Flange*).

2.3.2 Material baja

Material baja merupakan bahan konstruksi yang sering digunakan dan

terus berkembang setelah beton. Material yang berbahan dasar logam ini memiliki banyak keuntungan, khususnya kekuatan dan pelaksanaan pengerjaannya sehingga banyak diminati untuk bahan konstruksi baik struktur bangunan maupun jembatan.

Material baja sebagai elemen struktural yang dapat mempengaruhi sifat-sifat mekanis baja sebagai bahan konstruksi diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimianya, sifat tariknya, dan metode pembuatannya seperti baja karbon (*carbon steel*), baja kekuatan tinggi rendah aluminium (*high-strength low-alloy*) HSLA,

baja karbon dengan perlakuan panas (*heat-treated carbon steel*), dan baja aluminium konstruksi perlakuan panas (*heat-treated constructional alloy steel*).

2.3.2.1 Karakteristik mekanis baja

Karakteristik mekanis baja sangat penting dalam penentuan kekuatan material baja dalam menerima beban. Karakteristik mekanis suatu bahan adalah kemampuan setiap bahan tersebut dalam memberikan perlawanan terhadap beban yang bekerja pada bahan tersebut. Karakteristik mekanis material baja struktural yang diperlukan dalam setiap perencanaan bangunan meliputi tegangan leleh, tegangan putus (tegangan ultimit), modulus elastisitas, modulus geser, nisbah Poisson, serta koefisien pemuaian.

Tabel 2. 3 Karakteristik Mekanis Baja Berdasarkan Mutunya

Jenis Baja	Tegangan Putus Minimum, f_u (MPa)	Tegangan Leleh Minimum, f_y (MPa)	Peregangan Minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Sumber: SNI 03-1729-2002, Badan Standarisasi Nasional

Pada SNI 03-1729-2002, karakteristik mekanis dari beberapa jenis mutu baja yang beredar di pasaran dijelaskan pada **Tabel 2.3** dengan nilai tegangan leleh (f_y) dan tegangan putus (f_u) yang tidak boleh melebihi nilai yang telah ditetapkan pada **Tabel 2.3**. Nilai mekanis yang secara umum akan dijelaskan dalam **Tabel 2.4**

Tabel 2. 4 Karakteristik Mekanis Baja Struktural Secara Umum

Sifat Mekanis	Simbol	Nilai	Satuan
Modulus Elastisitas	E	200.000	MPa
Modulus Geser	G	80.000	MPa
Nisbah Poisson	μ	0,3	-
Koefisien Pemuaian	α	12 x 10-6	/oC

Sumber: SNI 03-1729-2002, Badan Standarisasi Nasional

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 menjelaskan mengenai mutu-mutu baja yang ada di Indonesia, akan tetapi pada SNI 1729:2020, di mana standar ini berpedoman pada *American Institute of Steel Construction (AISC) 360-16*, maka jenis baja yang disebutkan dalam standar ini juga berpedoman *American Society for Testing and Materials (ASTM)*. Karakteristik mekanis mutu baja berdasarkan ASTM dijelaskan pada **Tabel 2.5**.

Tabel 2. 5 Sifat Mekanis Beberapa Baja Struktural Berdasarkan ASTM untuk Profil Struktur Gilas Panas (Hot-Rolled).

Jenis Baja	Tegangan Tarik Ultimit, fu MPa (ksi)	Tegangan Leleh Minimum, fy MPa (ksi)	Peregangan Minimum (%)
ASTM A36/36M	400-550	250 (36)	20 % (tebal min.200 mm)
	(58-80)		21 % (tebal min.50 mm)
ASTM A529/A529M Grade 50	485-690	345 (50)	18 % (tebal min.50 mm)
	(70-100)		21 % (tebal min.50 mm)
ASTM A572/A572M Grade 42	415 (65)	290 (42)	20 % (tebal min.200 mm)
			24 % (tebal min.50 mm)
ASTM A572/A572M Grade 50	450 (65)	345 (50)	18 % (tebal min.200 mm)

Jenis Baja	Tegangan Tarik Ultimit, fu MPa (ksi)	Tegangan Leleh Minimum, fy MPa (ksi)	Peregangan Minimum (%)
ASTM A572/A572M Grade 55	485 (70)	380 (55)	21 % (tebal min.50 mm)
			17 % (tebal min.200 mm)
ASTM A572/A572M Grade 60	520 (75)	415 (60)	20 % (tebal min.50 mm)
			16 % (tebal min.200 mm)
ASTM A572/A572M Grade 65	550 (80)	450 (65)	18 % (tebal min.50 mm)
			15 % (tebal min.200 mm)
ASTM A588/A588M	485	345 (50)	17 % (tebal min.50 mm)
			18 % (tebal min.200 mm)
ASTM A709/A709M Grade 36	400-550 (58-80)	250 (36)	21 % (tebal min.50 mm)
			20 % (tebal min.200 mm)
ASTM A709/A709M Grade 50	450 (65)	345 (50)	18 % (tebal min.200 mm)
			21 % (tebal min.50 mm)
ASTM A709/A709M Grade 50S	450 (65)	345-450 (50-65)	18 % (tebal min.200 mm)
			21 % (tebal min.50 mm)

Jenis Baja	Tegangan Tarik Ultimit, f_u MPa (ksi)	Tegangan Leleh Minimum, f_y MPa (ksi)	Peregangan Minimum (%)
ASTM A913/A913M Grade 50	450 (65)	345 (50)	18 % (tebal min.200 mm)
			21 % (tebal min.50 mm)
ASTM A913/A913M Grade 65	550 (80)	450 (65)	15 % (tebal min.200 mm)
			17 % (tebal min.50 mm)
ASTM A992/A992M	450 (65)	345-450	18 % (tebal min.200 mm)
			21 % (tebal min.50 mm)

(Sumber: ASTM International, 2016, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b, 2019e, 2020)

Untuk material baja yang tidak dilengkapi dengan spesifikasinya, yang terhindar dari cacat merugikan, hanya boleh dipakai sebagai struktur komponen yang kerusakannya tidak akan mempengaruhi kekuatan struktur.

2.3.2.2 Keuntungan dan kerugian penggunaan material baja

Pemilihan baja sebagai material elemen struktur pada bangunan didasarkan pada keuntungan yang dimiliki oleh material baja itu sendiri, beberapa keuntungan material baja antara lain adalah:

- Baja memiliki kekuatan tinggi yang dapat mengurangi ukuran struktur secara langsung dapat mengurangi berat struktur secara keseluruhan.
- Material penyusun baja lebih seragam.
- Tingkat elastisitas baja yang tinggi sesuai dengan hukum *Hooke*.
- Momen inersia pada material baja dapat dihitung secara akurat.
- Daktilitas material baja yang cukup tinggi, kemampuan dalam menahan deformasi besar tanpa terjadinya keruntuhan dengan tegangan tarik yang tinggi.
- Kekerasan (*toughness*) adalah kemampuan baja dalam menyerap energi dengan jumlah yang besar.

- g. Mudah dipasang atau digabungkan dengan struktur yang sudah ada sehingga dapat mempercepat waktu pelaksanaan konstruksi.

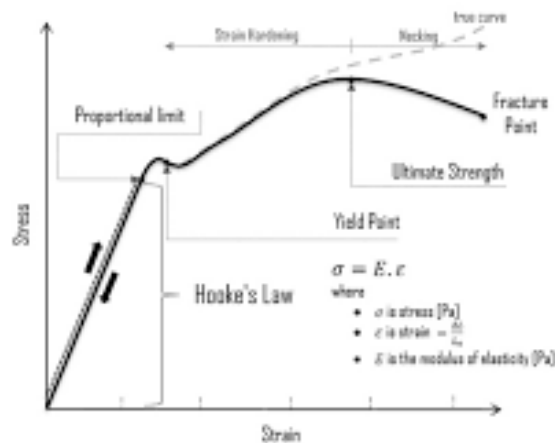
Selain memiliki keuntungan, material baja juga memiliki beberapa kerugian yang harus diperhatikan karena dapat mengakibatkan penurunan kekuatan dari baja struktur tersebut, beberapa kerugian material baja adalah sebagai berikut:

- a. Mudah mengalami korosi apabila terpapar dengan udara dan air secara langsung sehingga harus diperlukan perlakuan khusus misalkan dicat secara periodik.
- b. Terdapat biaya tambahan untuk pemberian lapisan tahan api (*fireproofing*) karena baja merupakan material penghantar panas yang sangat baik.

2.3.2.3 Karakteristik tarik baja

Karakteristik atau sifat material akan sangat diperlukan agar dapat memahami perilaku dari setiap struktur baja. Diagram tegangan-regangan akan dapat memberikan informasi berharga untuk memahami bagaimana perilaku baja pada kondisi tertentu. Sifat tarik dari baja biasanya ditentukan berdasarkan uji kuat tarik pada benda yang berukuran kecil atau *sample* benda uji yang sesuai dengan prosedur ASTM. Perilaku baja pada pengujian tersebut berkaitan erat dengan perilaku baja struktural yang mengalami beban statis. Uji tekan pada baja struktural jarang digunakan karena titik leleh dan modulus elastisitas yang diperoleh dari pengujian tarik dan tekan mempunyai nilai yang hampir sama.

Diagram tersebut digambarkan pada **Gambar 2.4** yang merupakan grafik hubungan antara tegangan-regangan baja tipikal untuk baja struktural dengan kadar karbon yang rendah pada temperatur ruang. Berdasarkan grafik tersebut, terdapat beberapa kondisi di antaranya adalah elastisitas plastis serta *strain-hardening*.

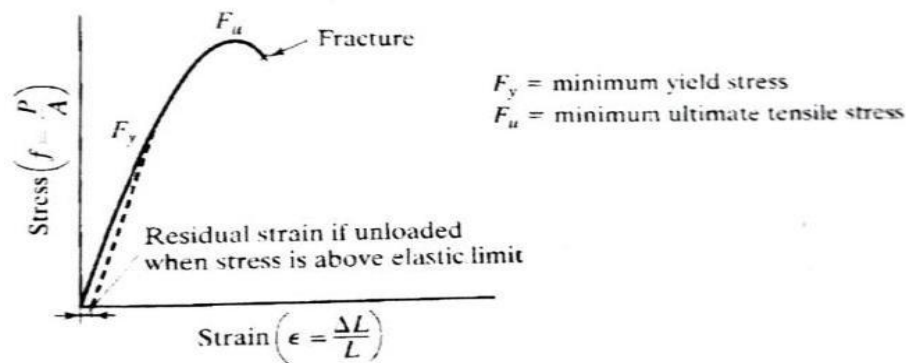


Gambar 2. 4 Grafik Tegangan-Regangan Baja Tipikal untuk Baja Struktural dengan Kadar Karbon Rendah pada Temperatur Ruang.

(Sumber: Arifi, Eva dkk. *Perencanaan Struktur Baja*.2021)

Batas elastis (*elastic limit*) merupakan kondisi saat tegangan maksimum dapat ditahan oleh material tanpa mengalami deformasi yang tetap ataupun dapat kembali ke bentuk semula. Hukum *Hooke* berlaku pada kondisi tersebut, di mana perbandingan tegangan terhadap regangan dalam batas elastisnya disebut dengan modulus elastisitas (*Young's modulus E*) dengan nilai sebesar 29×10^3 ksi untuk seluruh struktur baja tanpa adanya kondisi khusus yang terkecuali.

Adapun tegangan leleh (*yield stress*) merupakan sifat baja yang sangat penting untuk diketahui karena digunakan sebagai dasar suatu perencanaan struktur baja, tegangan leleh terjadi ketika terjadinya perpanjangan (*elongation*) atau regangan yang besar tanpa adanya peningkatan tegangan. Regangan elastis (*elastic strain*) merupakan regangan yang terjadi sebelum terjadinya tegangan leleh. Sedangkan regangan plastis (*plastic strain*) merupakan regangan yang terjadi ketika sesudah terjadinya penambahan tegangan yang biasanya memiliki nilai 10 sampai 15 kali dari regangan elastisnya. Setelah terjadinya regangan plastis, maka akan timbul *strain-hardening* yaitu kondisi di mana terjadinya penambahan tegangan untuk menghasilkan suatu regangan. Untuk batas getas (*brittle steel*) diagram tegangan-regangannya digambarkan pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2. 5 Grafik Tegangan-Regangan Baja Getas (*Brittle Steel*) Tipikal.

(*Sumber: Arifi, Eva dkk. Perencanaan Struktur Baja.2021*)

a. Pembatasan Kelangsingan

Bedasarkan SNI 1729:2020 sub D1, menjelaskan bahwa komponen struktur sesuai tarik rasio kelangsingan L/r disarankan nilainya tidak lebih dari 300, dengan L merupakan panjang batang yang mengalami tarik, dan r merupakan jari-jari girasi minimum suatu penampang. Akan tetapi syarat-syarat ini tidak berlaku untuk batang gantung yang mengalami tarik.

b. Tahanan Nominal Tarik

Ada tiga jenis keruntuhan yang mungkin akan terjadi pada batang tarik, yaitu diantaranya sebagai berikut:

1. Keruntuhan leleh, di mana keruntuhan terjadi pada batang tarik yang berada pada daerah yang jauh dari sambungan sehingga yang dapat menentukan adalah luas penampang *bruto* (atau tanpa pengurangan luas akibat lubang baut).
2. Keruntuhan fraktur, di mana keruntuhan terjadi pada sambungan, yang ditentukan oleh luas penampang *netto* akibat adanya pengurangan luas akibat lubang baut pada daerah sambungan.
3. Keruntuhan geser blok, di mana keruntuhan terjadi akibat adanya daerah sambungan yang sobek pada elemen pelat (baik elemen pelat penyambung atau pelat profil yang disambung) yang akan mengalami tarik.

Bedasarkan SNI 1729:2020 pada metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) kekuatan tarik desain, $\phi_t P_n$ dari komponen struktur tarik harus nilai terendah yang diperoleh berdasarkan keadaan batas dari leleh tarik pada penampang *bruto* dan keruntuhan tarik pada penampang *netto*.

$$P_u \leq \phi_t P \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan:

P_u = Gaya tarik aksial terfaktor (N)

P_n = Tahanan nominal penampang (N)

ϕ_t = Faktor tahanan tarik

Besarnya nilai ϕ_t dan P_n ditentukan sebagai berikut:

1. Untuk **keruntuhan leleh** pada penampang *bruto*:

$$P_n = F_y A_g \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan:

$\phi_t = 0,9$

A_g = Luas *bruto* dari komponen struktur (mm^2)

F_y = Tegangan leleh minimum yang disyaratkan (MPa)

2. Untuk **keruntuhan fraktur** pada penampang *netto*:

$$P_n = F_u A_e \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan:

$\phi_t = 0,9$

A_e = Luas *netto* efektif (mm^2)

F_u = Kekuatan tarik minimum yang disyaratkan (MPa)

c. Luas *Netto*

Luas *netto* (A_n) merupakan luas penampang yang setelah dikurangi dengan luas lubang baut. Untuk komponen struktur tanpa lubang (misalnya: sambungan las) maka $A_n = A_g$.

Perhitungan luas penampang *netto* dipengaruhi oleh konfigurasi lubang baut terhadap potongan melintang pada penampang. Ada dua konfigurasi mengenai konfigurasi baut, yaitu sebagai berikut:

1. Luang Baut Segaris

$$A_n = A_g - n \times d \times t \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan:

A_n = Luas penampang *netto* (mm^2)

A_g = Luas penampang *bruto* (mm^2)

n = Jumlah baut segaris

d = Diameter lubang baut (mm)

t = Tebal penampang (mm)

2. Baut Tidak Segaris (*Staggered*)

$$A_n = A_g - n \times d \times t + \sum \frac{s^2}{4g} t \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan:

A_n = Luas penampang *netto* (mm²)

A_g = Luas penamoang *bruto* (mm²)

n = Jumlah baut segaris

d = Diameter lubang baut (mm), diambil 1/16 in., (2 mm) lebih dari diameter baut

t = Tebal penampang (mm)

s = Jarak antar baut dalam arah sejajar gaya (mm)

g = Jarak antar baut dalam arah tegak lurus gaya (mm)

d. Luas *Netto* efektif

Luas *netto* efektif dari komponen struktur tarik harus ditentukan berdasarkan:

$$A_e = A_n U \dots\dots\dots (2.6)$$

Di mana U merupakan faktor *shear lag* yang dapat ditentukan berdasarkan Tabel D3.1 SNI 1729:2020 (lampiran), yang beberapa dijelaskan sebagai berikut:

1. Semua komponen tarik beban tariknya disalurkan secara langsung ke setiap elemen profil yang melintang dengan sambungan las, maka

$$U = 1 \dots\dots\dots (2.7)$$

2. Semua komponen tarik, kecuali pada pelat dan profil struktur berongga (PSR) beban tariknya disalurkan ke beberapa tapi tidak semua dari elemen profil yang melintang melalui pengencangan atau las longitudinal dalam kombinasi las transversal, maka:

$$U = 1 - \frac{x}{l}, \text{ dimana } x \text{ adalah eksentrisitas sambungan atau jarak titik berat penampang ke sambungan (mm) } \dots\dots\dots (2.8)$$

3. Semua komponen struktur tarik beban tariknya hanya disalurkan melalui las transversal ke beberapa tetapi tidak semua elemen profil melintang,

$$U = 1 \dots\dots\dots (2.9)$$

4. Pelat, siku, kanal, T dan profil WF yang memiliki elemen sambung beban tarik disalurkan hanya melalui las longitudinal, maka

$$U = \frac{3l^2}{3l^2+w^2} \left(1 - \frac{x}{l}\right) \times I \dots\dots\dots(2.10)$$

e. Geser blok (*Block Shear*)

Keruntuhan yang mekanismenya merupakan kombinasi antara geser dengan tarik serta melewati lubang - lubang baut pada komponen struktur tarik disebut dengan kekuatan geser blok. Kekuatan geser blok umumnya terjadi pada sambungan baut terhadap pelat badan yang tipis pada komponen struktur tarik. Keruntuhan umumnya dijumpai pada sambungan pendek, yaitu pada sambungan dengan menggunakan dua baut atau kurang pada garis yang searah dengan bekerjanya suatu gaya.

Pada keruntuhan geser blok memiliki dua bidang keruntuhan, yaitu bidang yang mengalami gaya geser, di mana bidang sejajar dengan arah gaya dan bergerak di sepanjang baut serta bidang tarik yang tegak lurus terhadap gaya tarik yang bekerja pada sambungan.

Sesuai dengan desain LRFD berdasarkan SNI 1729:2020, maka syaratnya kekuatan batasnya adalah:

$$R_u \leq \phi R_n \dots\dots\dots(2.11)$$

Keruntuhan geser blok merupakan penjumlahan antara tarik leleh (atau tarik fraktur) dengan geser fraktur (atau geser leleh). Dengan tahanan nominal ditentukan oleh:

$$R_n = 0,6 \times F_u \times A_{nv} + U_{bs} \times F_u \times A_{nt} \leq 0,6 \times F_y \times A_{gv} + U_{bs} \times F_u \times A_{nt} \dots\dots(2.12)$$

dengan:

R_u = Gaya tarik aksial terfaktor yang terjadi pada sambungan (N)

ϕ = 0,75

R_n = Kekuatan nominal dari sambungan (N)

F_u = Kekuatan tarik minimum yang disyaratkan (MPa)

F_y = Tegangan leleh minimum yang disyaratkan (MPa)

A_{nv} = Luas *netto* elemen yang menahan gaya geser (mm²)

A_{nt} = Luas *netto* elemen menahan gaya tarik (mm²)

A_{gv} = Luas *bruto* elemen menahan gaya geser (mm²)

ϕ = Faktor ketahanan = 0,75

U_{bs} = 1, bila tegangan tarik rata

U_{bs} = 0,5, bila tegangan tarik tidak rata

2.3.2.4 Karakteristik geser baja

Tegangan geser dengan regangan geser memiliki perbandingan pada kondisi elastis yang disebut dengan modulus geser G . berdasarkan teori elastis, nilai dari modulus tersebut berhubungan erat dengan modulus elastis E dan *Poisson's ratio* ν , di mana:

$$G = E / (2 (1 + \nu)) \dots\dots\dots (2.13)$$

Di mana nilai minimum G adalah 11 x 10³ ksi. *Poisson's ratio* merupakan rasio antara regangan transversal dengan regangan longitudinal akibat beban. Rasio ini memiliki nilai yang sama disetiap baja struktur, yaitu 0,3 pada daerah elastis dan 0,5 di daerah plastis. Sedangkan untuk tegangan leleh pada kondisi geser memiliki nilai 0,57 kali tegangan leleh tariknya. Kuat geser atau tegangan geser pada saat reruntuhan di kondisi beban geser nilainya bisa $\frac{2}{3}$ sampai dengan $\frac{3}{4}$ dari kuat tarik baja.

2.3.2.5 Karakteristik tekan baja

Batang tekan ditunjukkan untuk struktur komponen yang memikul beban terpusat (sentral) pada titik berat penampangnya. Aplikasi batang tekan ini dapat dijumpai pada struktur rangka batang serta struktur kolom yang menerima gaya aksial tekan saja. Akan tetapi, realita di lapangan umumnya dapat ditemukan eksentrisitas yang disebabkan beberapa hal, misalnya ketidaklurusan batang, ketidaktepatan pembebanan maupun kekekangan pada tumpuan yang dapat menimbulkan momen. Momen yang memiliki nilai relative kecil dapat diabaikan, maka prosedur desain batang tekan dapat diaplikasikan (Dewobroto, 2016). Di lapangan, batang tekan berupa profil tunggal maupun bersusun yang terdiri dari dua atau bahkan lebih dari profil tunggal.

Faktor utama yang menentukan keruntuhan batang tekan adalah adanya kemungkinan terjadinya tekuk (buckling) pada struktur komponen yang menerima gaya aksial tekan. Perilaku tekuk pada batang tekan dipengaruhi oleh adanya kelangsingan elemen yang memungkinkan terjadinya tekuk sebelum kuat leleh dapat tercapai. Perencanaan batang tekan berdasarkan SNI 1729:2020 pada Bab E.

a. Panjang efektif

Panjang efektif dari struktur komponen tekan (L_c) digunakan untuk menghitung kelangsingan batang tekan (L_c/r) di mana nilai L_c ditentukan dari nilai faktor panjang efektif, K .

dengan:

$L_c = KL =$ Panjang efektif batang tekan (mm)

$L =$ Panjang tanpa diberi pengaku lateral dari struktur komponen (mm)

$r =$ Radius girasi, in (mm)

Berdasarkan SNI 1729:2020, untuk struktur komponen direncanakan sesuai tekan, rasio kelangsingan KL/r , alangkah baiknya tidak lebih dari 200.

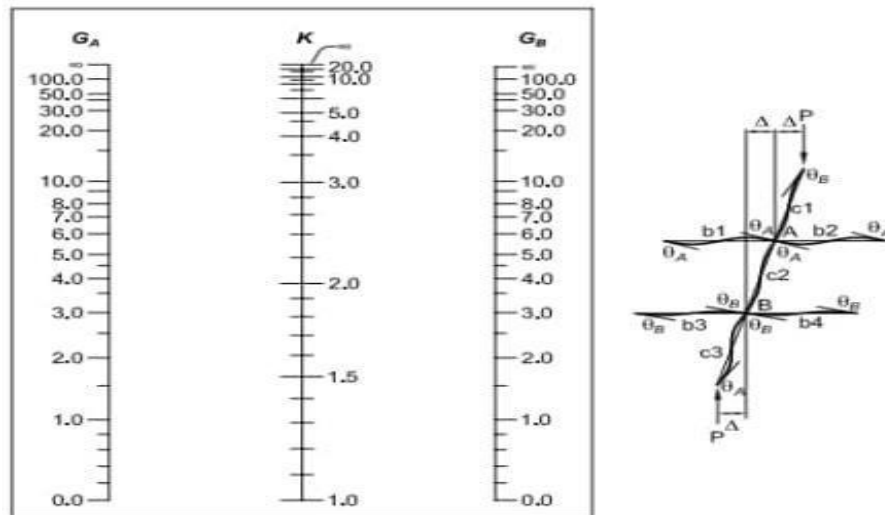
Nilai Panjang efektif atau factor panjang tekuk, K dipengaruhi oleh beberapa jenis tumpuan dan panjang elemen struktur batang yang mengalami gaya aksial tekan, ditunjukkan pada **Gambar 2.6**.

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Buckled shape of column is shown by dashed line.						
Theoretical K value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated	0.65	0.80	1.2	1.0	2.1	2.0
End condition code						
		Rotation fixed and translation fixed	Rotation free and translation fixed	Rotation fixed and translation free	Rotation free and translation free	

Gambar 2. 6 Faktor Panjang Efektif Atau Faktor Panjang Tekuk (K)

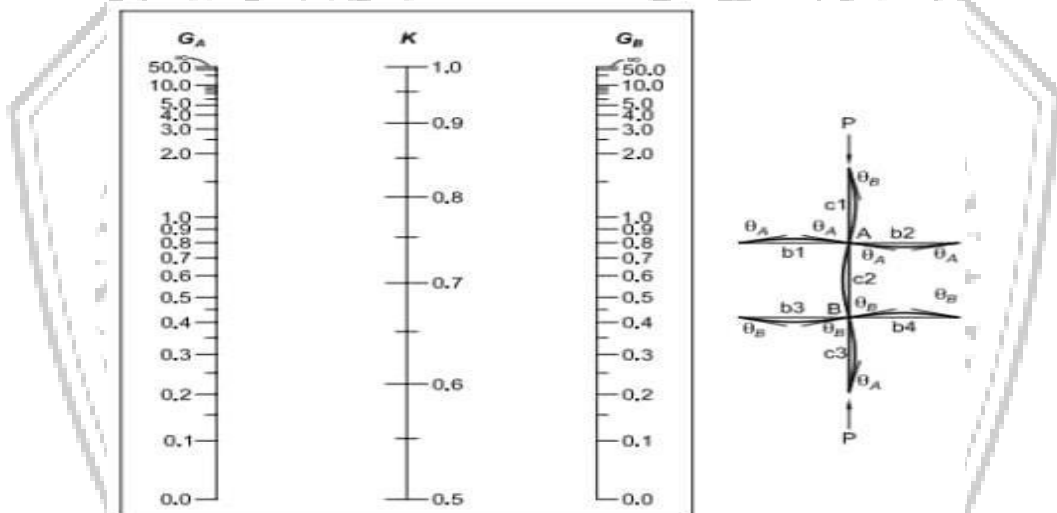
Sumber: AISC.2010

Untuk menentukan factor panjang tekuk (K) pada suatu struktur portal digunakan nomogram yang terbagi menjadi dua yaitu komponen struktur bergoyang dan tidak bergoyang, adalah:



Gambar 2. 7 Nomogram Penentuan K Pada Komponen Struktur Bergoang

Sumber: AISC.2010



Gambar 2. 8 Nomogram Penentuan K Pada Komponen Tak Bergoang

Sumber: AISC.2010

b. Tekuk lokak dan tekuk global pada batang tekan

Faktor utama yang menentukan keruntuhan batang tekan adalah adanya kemungkinan terjadinya tekuk (buckling) pada komponen struktur yang menerima gaya aksial tekan. Adapun tekuk suatu batang dipengaruhi oleh:

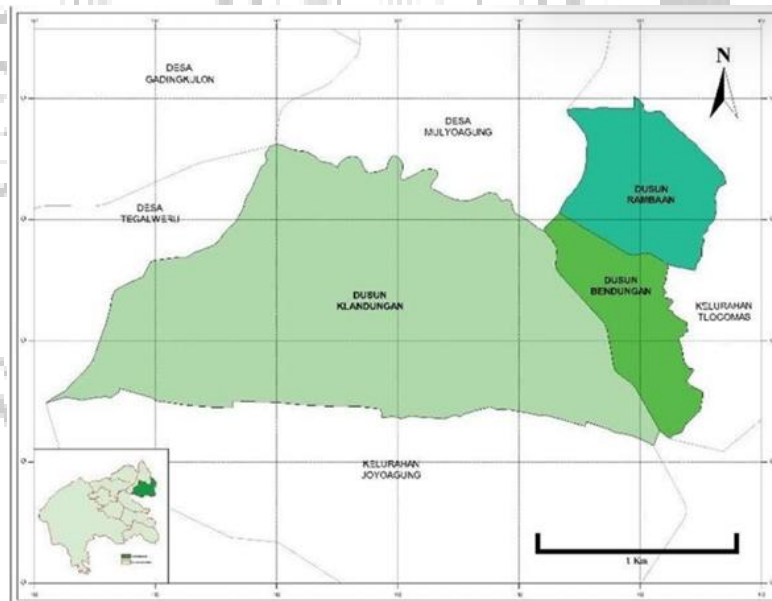
1. Luas penampang
2. Bentuk penampang terhadap kekuatan lentur
3. Panjang batang

4. Kondisi tumpuan

Suatu batang dapat mengalami tekuk lokal dan tekuk global. Tekuk lokal merupakan tekuk yang terjadi pada elemen penampang yaitu pada sayap atau badan profil akibat adanya gaya tekan yang bekerja. Jika elemen cenderung langsing dengan kolom yang pendek maka batang tekan mengalami tekuk lokal. Sedangkan tekuk global adalah tekuk yang dialami batang memanjang atau longitudinal yang terjadi bila penampang pada elemen relatif tebal dengan panjang yang relatif maka akan terjadi tekuk global.

Berdasarkan tekuk lokal, komponen struktur dapat digolongkan menjadi elemen nonlangsing dan langsing yang ditentukan oleh rasio lebar-tebal (b/t) penampang. Jika rasio elemen kurang dari λ_r maka masuk dalam kategori elemen tidak langsing atau nonlangsing. Sebaliknya, jika elemen lebih dari λ_r maka dikategorikan elemen langsing.

2.4 Letak dan Luas Wilayah Studi



Gambar 2. 9 Peta Batas Desa Landungsari



Gambar 2. 10 Lokasi Studi Perencanaan TPST

Desa Landungsari terletak di Dau, Kecamatan, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Desa ini terletak di tengah Kota Batu dan Kota Malang, dengan koordinatnya $7^{\circ}21' - 7^{\circ}31'$ LS, $110^{\circ}10' - 111^{\circ}40'$ BT. Desa Landungsari memiliki luasan 298 hektar yang dibagi menjadi tiga dusun: Ds. Rambaan, Ds. Bendungan, dan Ds. Klandungan. Desa ini terdiri dari 14 Rukun Warga (RW) dan 52 Rukun Tangga (RT). Batas wilayah Desa Landungsari, Kec. Dau, Kab. Malang adalah sebagai berikut (Kementerian Komunikasi dan Informatika RI, 2024):

- a. Sebelah Utara: Kel. Tlogomas, Kec. Lowokwaru, Kota Malang
- b. Sebelah Timurr: Kel. Mojosari, Kec. Lowokwarru, Kota Malang
- c. Sebelah Selatann: Kel. Tlogomas, Kec. Lowookwaru, Kota Malang
- d. Sebelah Baratt: Ds. Mulyoagung dan Desa Tegal Weru, Kec. Dau, Kab. Malang

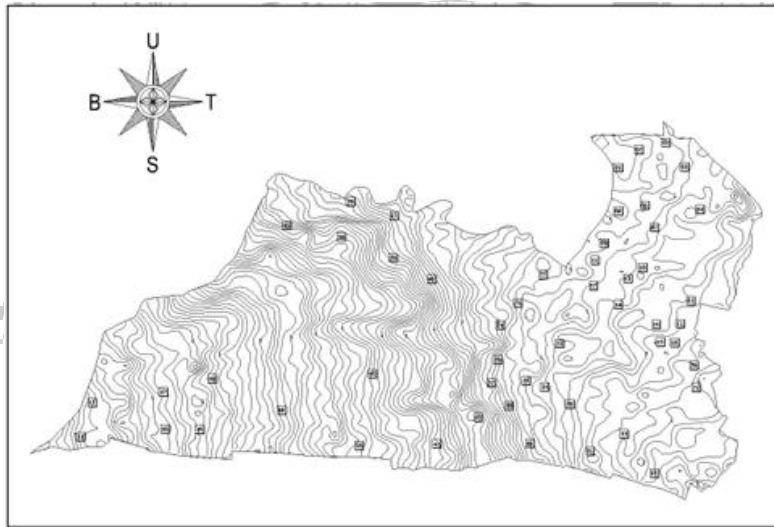
Tabel 2. 6 Luas Wilayah Berdasarkan Desa di Kecamatan Dau, 2022

Desa	Luas (Ha)	Presentase Terhadap Luas Kecamatan
Kucur	732	17,45
Kalisongo	480	11,44
Karangwidoro	363	8,65
Patungsewu	248	8,29
Selorejo	400	9,53
Tegalwaru	354	8,44
Landungsari	298	7,10
Gadingkulon	435	10,80

Desa	Luas (Ha)	Presentase Terhadap Luas Kecamatan
Mulyoagung	296	7,05
Sumbersekar	472	11,25
Kecamatan Dau	4196	100

Sumber : BPS Kecamatan Dau Dalam Angka 2023

2.5 Kondisi Topografi



Gambar 2. 11 Peta Topografi Desa Landungsari

Desa Landungsari merupakan bagian struktural dari wilayah Kecamatan Dau, terletak di tengah Kota Malang dan Kota Batu. Ditinjau dari letak topografinya, Desa Landungsari berada di kaki Gunung Kawi dengan ketinggian antara 540 hingga 700 meter di atas permukaan laut. Ditinjau dari ketinggiannya Desa Landungsari terdiri dari dataran tinggi dan perbukitan yang berada di ketinggian bervariasi. Jarak Desa Landungsari dari ibu kota kecamatan adalah 2 km, yang dapat dicapai dalam waktu sekitar lima belas menit. Sedangkan jarak ke ibu kota kabupaten adalah 35 kilometer, yang dapat dicapai dalam waktu sekitar 1.5 jam (Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang, 2023).

Tabel 2. 7

Desa	Jarak ke Ibukota Kecamatan (Km)	Jarak ke Ibukota Kabupaten (Km)
Kucur	10	29
Kalisongo	9	26
Karangwidoro	8	29

Desa	Jarak ke Ibukota Kecamatan (Km)	Jarak ke Ibukota Kabupaten (Km)
Patungsewu	7	33
Selorejo	7	31
Tegalwaru	5	30
Landungsari	2	35
Gadingkulon	5	33
Mulyoagung	1	35
Sumbersekar	3	40

Sumber : BPS Kecamatan Dau Dalam Angka 2023

2.6 Kondisi Hidrologi dan Klimatologi

2.6.1 Kondisi hidrologi Desa Landungsari

Desa Landungsari, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang dalam peta topografi termasuk dalam Kawasan WS Brantas, dimana luas kawasan pada Kabupaten Malang adalah 354,395 Ha atau 25,13% dari luas total WS Brantas. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, Maksimal jumlah hujan yang terjadi pada thn 2015 terjadi di bulan Oktober sebesar 158 mm, dan terendah bulan Agustus hanya satu milimeter. Hujan sepanjang tahun tentu sangat berdampak pada debit-debit air Sungai dan air tanah.

2.6.2 Kondisi klimatologi Desa Landungsari

Dari data klimatologi BBWS Brantas tahun 2009-2014 dapat diketahui bahwa nilai kelembapan (RH) rata-rata mengalami kenaikan dan temperature rata-rata mengalami penurunan. Bulan Januari mencatat temperatur udara tertinggi sebesar 28,45°C, dan bulan September mencatat temperatur terendah sebesar 24,21°C, dengan kelembapan 98% (Direktorat Jendral Sumber Daya Air, 2020)

2.7 Kondisi Demografi

2.7.1 Berdasarkan jenis kelamin

Mengutip dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang, pada tahun 2024 Desa Landungsari memiliki jumlah penduduk sebesar 9.462 jiwa, yang menurut jenis kelaminnya, Penduduk berjenis kelamin laki-laki sebesar 4.733 jiwa dan perempuan sebesar 4.729 jiwa.

Tabel 2. 8 Jumlah Penduduk Desa Landungsari Berdasarkan Jenis Kelamin

Desa	Penduduk		
	Laki-Laki	Perempuan	Jumlah
Kucur	3.247	3.212	6.459
Kalisongo	3.953	3.889	7.842
Karangwidoro	3.344	3.259	6.603
Petungsewu	1.761	1757	3.518
Selorejo	1.774	1.801	3.575
Tegalweru	2.032	1.995	4.027
Landungsari	4.733	4.729	9.462
Gadingkulon	2.056	2.182	4.238
Mulyoagung	6.853	7.016	13.896
Sumbersekar	4.175	4.112	8.287
Kecamatan Dau	33.928	33.952	67.880

Sumber : BPS Kecamatan Dau Dalam Angka 2023

Dari tabel diatas diketahui bahwa penduduk Desa Landungsari berjenis kelamin laki-laki sebesar 49.98% dan perempuan sebesar 50.02% , maka dapat disimpulkan bahwa perbandingan jumlah penduduk menurut jenis kelamin memiliki jumlah yang relatif seimbang antara penduduk laki-laki dengan perempuan.

2.7.2 Berdasarkan kelompok usia

Ditinjau dari segi usia, penduduk di Desa Landungsari memiliki usia yang bervariasi, BPS Kabupaten Malang mengelompokanya dalam kelompok rentang umur per 4 tahun.

Tabel 2. 9 Jumlah Penduduk Desa Landungsari Berdasarkan Usia

Rentang Umur	Jumlah Penduduk
0 – 4	606
5 – 9	770
10 – 14	766
15 – 19	609
20 – 24	685
25 – 29	705
30 – 34	700
35 – 39	773
40 – 44	825
45 – 49	647

Rentang Umur	Jumlah Penduduk
50 – 54	642
55 – 59	589
60 – 64	420
> = 65	593

Sumber : BPS Kecamatan Dau Dalam Angka 2023

Menurut Badan Pusat Statistik, usia non-produktif adalah usia dibawah 15 tahun dan diatas 65 tahun, sedangkan usia produktif adalah usia 15 hingga 64 tahun. Maka dari itu dapat disimpulkan dari data diatas bahwa Penduduk Landungsari yang berusia produktif adalah sebesar 7123 jiwa atau 77% dari jumlah penduduk total di Desa Landungsari dan jumlah penduduk yang non produktif adalah 2207 jiwa atau 23,65 % dari jumlah penduduk total di Desa Landungsari.

2.7.3 Fasilitas umum Desa Landungsari

Desa Landungsari merupakan desa dengan letak geografis yang strategis, didukung dengan fasilitas-fasilitas umumnya yang memadahi untuk mendukung aktifitas ekonomi dan sosial masyarakat. Desa Landungsari sendiri sangat dekat letaknya dengan Universitas Muhammadiyah Malang Kampus Utama (Kampus 3) yang mana hal tersebut berpengaruh pada kondisi pemukiman di Desa Landungsari, maka dari itu banyak sekali rumah kos yang berdiri di desa ini. Selain itu Desa Landungsari memiliki Pasar Desa yang dikelola oleh Badan Usaha Milik Desa Landungsari yang mana fasilitas tersebut menjadi pusat perputaran ekonomi di Desa Landungsari.

Oleh karena strategisnya wilayah Desa Landungsari, di desa ini juga terdapat Terminal Landungsari yang mana terminal ini adalah salah satu terminal utama di sistem transportasi umum Malang Raya. Selain itu juga berdirinya Rumah Sakit Umum UMM sejak tahun 2013 dapat menjadi fasilitas penunjang kesehatan bagi masyarakat umum khususnya masyarakat Desa Landungsari. Selain itu sebagai daerah dengan mayoritas masyarakatnya beragama muslim, fasilitas beragama seperti Masjid dan Mushola cukup banyak di Desa Landungsari diantaranya adalah 10 masjid dan 5 mushola yang dapat di manfaatkan oleh penduduk, Sedangkan fasilitas agama lain belum tersedia di Desa Landungsari.

Tabel 2. 10 Fasilitas Pendidikan Desa Landungsari

Tingkat Pendidikan	Jumlah	Nama Sekolah
TK	2	- TK Al-Madaniyah - TK Dharma Wanita Persatuan
SD	2	- SD Negeri 1 Landungsari - SD Negeri 2 Landungsari
SMP	1	- SMP IIBS Thursina
SMA	2	- SMA IIBS Thursina

Tabel 2. 11 Fasilitas Sarana Peribadatan

Fasilitas Peribadatan	Jumlah	Nama Tempat Peribadatan
Masjid	10	- Masjid OCM - Masjid Muhadjirin VBS - Masjid Baitul Akbar - Masjid Ibbadurrahman - Masjid Al-Hilal - Masjid Darussalam - Masjid Baitul Jannah - Masjid Baitul Akbar - Masjid Nurul Huda - Masjid Sunan Kalijogo
Mushola	5	- Mushola Ubaydillah - Mushola Fadhillah Akbar - Mushola Sirotul Mustaqim - Mushola Nurul Imam - Mushola Al-Umiroh
Gereja	-	-
Vihara	-	-
Pura	-	-

Tabel 2. 12 Fasilitas Kesehatan

Fasilitas Kesehatan	Jumlah	Nama Fasilitas Kesehatan
Rumah Sakit Umum	1	- RS Universitas Muhammadiyah Malang
Pusat Kesehatan Masyarakat	1	- POSKESDES Landungsari

Tabel 2. 13 Fasilitas Lain-lain

Fasilitas	Jumlah	Nama Fasilitas
Pasar	1	- Pasar Desa Landungsari
Terminal	1	- Terminal Landungsari

2.8 Potensi Sosial

Desa Landungsari terdiri dari 3 (tiga) dusun yaitu Dusun Rambaan, Dusun Bendungan, Dusun Klandungan. Wilayah dusun Rambaan Kondisi sosial budaya masyarakat semakin maju hal ini ditunjukkan jumlah kemiskinan yang semakin mengecil, meskipun tiga dusun yang berada dibawah wilayah Landungsari ada perbedaan situasi dan kondisi perekonomian, yang padat penduduknya, baik penduduk yang tinggal menetap maupun penduduk pendatang dari luar karena kuliah ataupun kerja di suatu lembaga di Kota ataupun di Kabupaten Malang, sehingga banyak rumah tinggal diubah menjadi rumah kos, usaha pertokoan, warung dan jasa rental computer fotocopy dan lain-lain.

Dusun Bendungan merupakan pusat Pemerintahan Desa Landungsari, di sini dibangun Kantor Desa, Puskesmas, Pasar Desa BUMDES. Dusun Bendungan berdekatan dengan dusun Rambaan, imbas kemajuan perekonomian dusun Rambaan akan juga mewarnai perekonomian dusun Bendungan. Perumahan yang semakin padat dan banyak pengembang yang membangun perumahan di dusun Bendungan, Dibangunnya jembatan penghubung antara Kota Malang dan desa Landungsari di wilayah dusun Bendungan merupakan jalur alternatif masuk Kota Malang, arus lalu lintas semakin padat dan roda perekonomian semakin lancar.

Dusun Klandungan berada paling selatan wilayah Landungsari, dari segi perekonomian masih sedikit tertinggal dari dua dusun diatas (Bendungan dan Rambaan). Masyarakatnya sebagian masih bekerja dalam bidang pertanian, sebagian pegawai negeri dan pedagang. Wilayahnya sangat luas, seiring dengan perkembangan masyarakat banyak juga pengembang membangun perumahan di dusun Klandungan. Aset transportasi cukup lancar adanya jalur Mikrolet STL.