

BAB IV

PERANCANGAN ALAT

Pada bab ini akan diuraikan mengenai perancangan rangkaian *start stop*, perancangan rangkaian pengatur kecepatan, perancangan sensor *level trip* dan pembuatan perangkat otomatis *fruit shredder feeding*. Konsep global mengenai alat ini semula tegangan sumber dari PLN masuk menuju rangkaian *start stop*. Selanjutnya rangkaian *start stop* dioperasikan dalam posisi menyala yang selanjutnya regulator dc 220 v digunakan untuk memutar *motor shredder*. Tacho generator dikopel dengan motor *shredder* yang keluaran tegangan dari tacho generator tersebut digunakan sebagai pemacu TRIAC yang sebelum di picu melalui rangkaian kontrol fasa terlebih dahulu yang digunakan untuk rangkaian otomatisasi kecepatan pada motor konveyor. Driver relay, dan ic LM3915 yang berfungsi untuk memproses outputan tacho generator dari motor *shredder* dan untuk memutus keseluruhan sistem sebelum motor penggerak *shredder* melewati arus nominal.

Perancangan ini dilakukan berdasarkan beberapa tahapan yaitu pencatatan kondisi pembebanan, perancangan perangkat keras, dan pembuatan alat yang sesuai dengan tujuan penelitian.

4.1 Pengukuran Data Lapangan

Pengukuran putaran dan arus pada motor penggerak konveyor dan motor penggerak *shredder* dilaksanakan untuk mengetahui kecepatan dan arus pada motor konveyor dan *shredder* pada beban mekanik (dalam kg) tertentu. Disini sebagai referensi adalah pengambilan data di Agrokusuma Batu yang selanjutnya hasil dari pengukuran tersebut digunakan sebagai acuan putaran dan arus sesuai parameter beban mekanik (dalam kg) dalam pengujian alat untuk skala motor dc yang ada di laboratorium mesin elektrik.

Motor penggerak yang digunakan untuk menggerakkan konveyor buah di lapangan menggunakan motor dc magnet permanen dengan spesifikasi Permanen Magnet DC merk BALDOR CDPSWD3426, Daya 0,5 HP, Tegangan jangkar 180 volt, Arus jangkar 2,2 Ampere Putaran 1750 rpm.

Motor yang digunakan dalam penelitian ini adalah yang ada di laboratorium mesin elektrik dengan spesifikasi Motor DC yang dihubungkan sebagai penguat terpisah Daya 300 Watt, Tegangan jangkar 220 Volt, Arus jangkar 2,2 ampere,

Tegangan medan 220 Volt (konstan), Arus medan 0,45 ampere (konstan), Putaran 2000 rpm.

Hasil pengukuran putaran dan arus pada Agrokusuma ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 4.1 Data Pengukuran di Lapangan

Beban (Kg)	Putaran Motor <i>Shredder</i> (Rpm)	V Motor <i>Shredder</i> (Volt)	I Motor <i>Shredder</i> (Ampere)
0	3276,3	279,2	1,72
25	3254,1	274,2	5,98
50	3223,7	271,4	6,13
75	3121,9	269,8	6,28
100	3108,6	264,1	7,42
125	3923,3	262,2	7,57
150	2956,3	259,5	7,87
175	2982,1	256,2	7,91
200	2891,5	244,8	8,14

Berdasarkan data, diketahui bahwa semakin besar beban yang diterima konveyor dan *shredder* mempengaruhi besar kecepatan dan arus kedua motor penggerak tersebut. Semakin besar beban yang ditanggung motor penggerak konveyor dan *shredder* dapat mengakibatkan putaran motor mengecil, sedangkan arus kedua motor tersebut menjadi semakin besar. Mengingat arus nominal *fruit shredder* 8 Ampere, jika terjadi penumpukan buah secara terus menerus dengan kecepatan motor konveyor yang tetap dapat mengakibatkan motor *shredder* trip.

Data hasil pengukuran diatas selanjutnya dijadikan acuan dalam *pengujian fruit shredder feeding* pada Laboratorium Mesin Elektrik TEUB untuk variabel putaran sesuai beban di kondisi asli. Skala perbandingan arus beban nominal untuk pengujian di laboratorium dengan perancangan adalah 1 : 4.

4.2 Karakteristik Beban Lapangan

Penghitungan karakteristik beban digunakan untuk mengetahui berapa kebutuhan torsi motor yang mampu memenuhi kebutuhan beban pada motor penggerak sesuai kondisi di lapangan.

Untuk mengetahui berapa daya motor yang dibutuhkan dalam penelitian maka kita harus terlebih dahulu mengetahui berapa beban yang ditanggung motor tersebut. Mula mula kita harus mengetahui berapa kecepatan yang dibutuhkan belt konveyor.

Diketahui :

Lebar belt	: 800 mm
Q (kapasitas)	: 90 t/h
γ (densitas)	: 0,64 t/m ³ (lihat tabel 2.1)

Berdasarkan persamaan (2-1) maka didapat:

$$v = \frac{Q}{0,12 \cdot \gamma \cdot 60} = \frac{90}{0,12 \cdot 0,64 \cdot 60} = 19,531 \text{ m/min}$$

Selanjutnya untuk penghitungan berat material dan belt sesuai dengan persamaan (2-2) dan (2-3)

Berat Material (W_m) :

$$W_m = \frac{1000 \times Q}{60 \times v} = \frac{1000 \times 90}{60 \times 19,531}$$

$$W_m = 76,8 \text{ kg/m}$$

Berat Belt (W_b) :

$$W_b = 1,2 \times \frac{\text{Lebar_belt}}{1000} = 1,2 \times \frac{800}{1000}$$

$$W_b = 23,76 \text{ kg/m}$$

Setelah kita mengetahui berat material dan berat belt maka selanjutnya kita mampu mengetahui tahanan efektif total dari konveyor. Sesuai dengan persamaan (2-4) hingga (2-9)

Diketahui :

B	= Lebar belt	= 800 mm	= 35,43 inc
W_b	= Berat belt	= 23,76 kg/m	= 15,93 lbs/ft
W_m	= Berat material	= 76,8 kg/m	= 51,51 lbs/ft
L	= Panjang konveyor	= 25 m	= 82 ft
v	= Kecepatan yang dibutuhkan konveyor	= 19,531m/min	= 63,96 ft/min
Q	= Kapasitas konveyor	= 90 t/h	

Faktor K_x (faktor gesekan)

$$K_x = 0,0068 \times (W_b + W_m) = (0,0068 \times (15,93 + 51,51)) = 0,458 \text{ lbs/ft}$$

Tahanan akibat geseran pada idler (lbs)

$$t_x = L \times K_x$$

$$t_x = 82 \times 0,458$$

$$t_x = 37,56 \text{ lbs}$$

Tahanan belt flexure pada carrying idler (lbs)

$$t_{ye} = L \times 0,0334 \times W_b$$

$$t_{ye} = 82 \times 0,0334 \times 15,93$$

$$t_{ye} = 43,63 \text{ lbs}$$

Tahanan belt flexure pada return idler (lbs)

$$t_{yr} = L \times 0,015 \times W_b$$

$$t_{yr} = 82 \times 0,015 \times 15,93$$

$$t_{yr} = 19,59 \text{ lbs}$$

Tahanan material flexure (lbs)

$$t_{ym} = L \times 0,0334 \times W_m$$

$$t_{ym} = 82 \times 0,0334 \times 51,51$$

$$t_{ym} = 141,07 \text{ lbs}$$

$$\text{Maka } t_e = 37,56 + 43,63 + 19,59 + 141,07$$

$$t_e = 241,85 \text{ lbs}$$

Maka perhitungan motor yang dibutuhkan berdasarkan parameter karakteristik beban sesuai dengan persamaan (2-10) adalah :

$$P = \frac{241,85 \times 63,96}{33000}$$

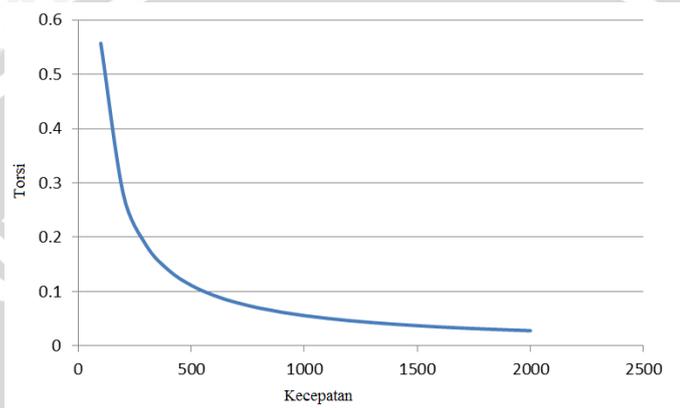
$$P = 0,469 \text{ hp} = 349,87 \text{ W}$$

Sesuai spesifikasi motor di Laboratorium TEUB yang berdaya 0,5 hp maka kebutuhan daya tersebut memenuhi .

Untuk kebutuhan torsi beban seperti diketahui pada persamaan (2-11) hingga (2-13) adalah :

$$T_L = \frac{P}{\omega} = \frac{349,87}{2\pi n}$$

$$T_L = \frac{P}{\omega} = \frac{349,87}{2.3,14.n}$$

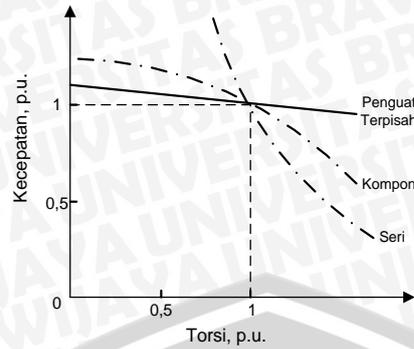


Gambar 4.1 Kurva Torsi-Kecepatan pada Konveyor

Gambar 4.1 adalah kurva torsi beban dimana sesuai dengan rumus torsi beban diatas bahwa torsi beban tidak linier dengan kecepatan .

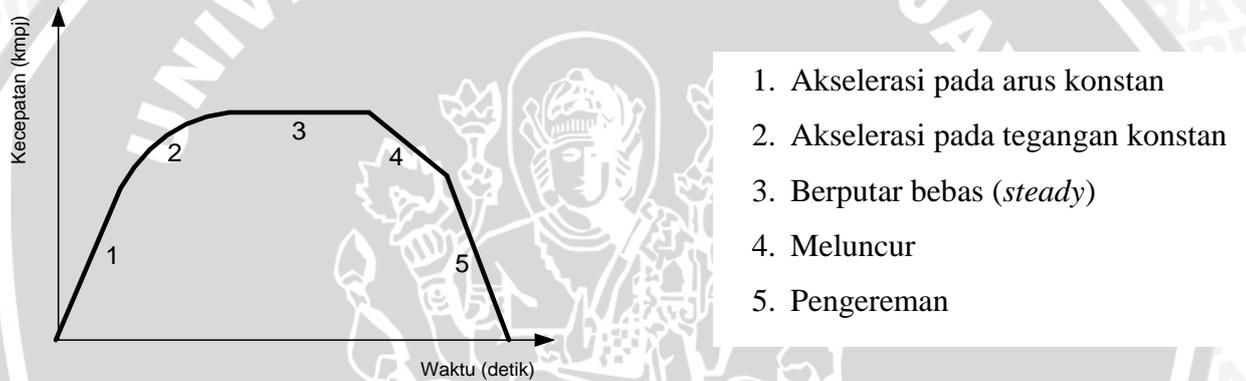
4.3 Karakteristik Motor Yang Digunakan

Dalam sistem *fruit shredder feeding*, untuk dapat menanggung torsi beban yang berubah-ubah , maka motor yang cocok digunakan sebagai penggerak yaitu motor DC penguat terpisah (*separately excited*). Motor dengan penguat terpisah memiliki keunggulan dalam regulasi kecepatan dan pengaturan kecepatan yang baik. Kurva karakteristik motor DC dapat ditunjukkan pada gambar 4.2 dibawah ini :



Gambar 4.2 : Kurva Karakteristik Kecepatan-Torsi Motor DC (Dubey K. Gopal, 1993:37)

Pada gambar 4.2, ditunjukkan bahwa kecepatan dan torsi memiliki hubungan yang terbalik bahwa semakin tinggi kecepatannya maka semakin kecil torsi dan sebaliknya.



Gambar 4.3 Kurva Kecepatan-Waktu Pada Motor dengan Beban yang Melaju

Sumber : Sul, Seung-Ki. 2011:38

Gambar 4.3 merupakan fase atau traksi pergerakan motor yang diaplikasikan pada sebuah beban yang melaju. Beban akan melaju dengan akselerasi *linear* seiring arus besar karena proses *starting* (nomor 1) hingga pada akhirnya tegangan menjadi maksimum pada nilai yang diijinkan dan arus menurun perlahan (nomor 2). Setelah itu beban memiliki kecepatan yang maksimal dengan kata lain seimbang antara gesekan dan kemampuan motor (nomor 3). Untuk fase berikutnya motor tidak dicatu sehingga beban meluncur bebas (nomor 4) dan mengalami penurunan kecepatan dan akhirnya di rem (nomor 5). (Sul, Seung-Ki. 2011:38)

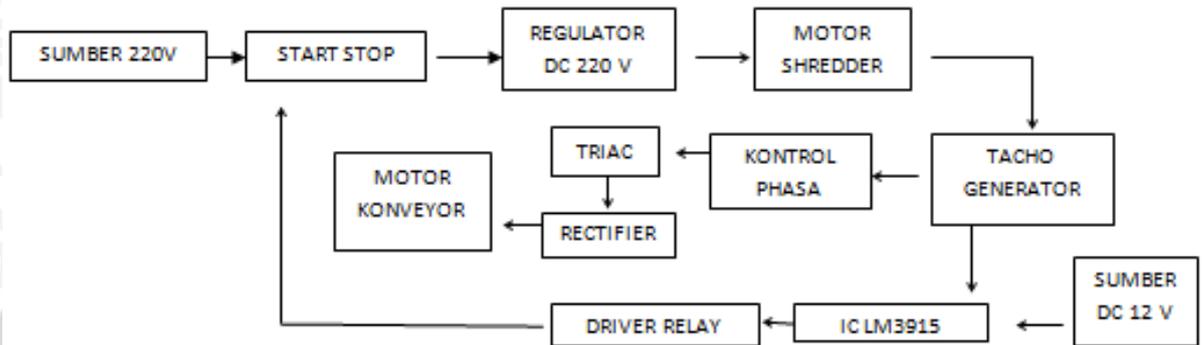
Maka perhitungan motor yang dibutuhkan berdasarkan parameter karakteristik beban sesuai dengan persamaan (2-10) adalah :

$$P = \frac{241,85 \times 63,96}{33000}$$

$$P = 0,469 \text{ hp} = 349,87 \text{ W}$$

4.4 Rangkaian Keseluruhan Sistem Otomatis *Fruit Shredder Feeding*

Berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan, sistem otomatis *fruit shredder feeding* dapat ditunjukkan dalam sebuah rangkaian keseluruhan sistem seperti ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Blok Diagram Sistem *Fruit Shredder Feeding*

Keterangan gambar blok diagram adalah sebagai berikut :

1. Tegangan sumber dari PLN masuk menuju rangkaian start stop.
2. Selanjutnya rangkaian start stop dioperasikan dalam posisi menyala yang selanjutnya regulator dc 220 v digunakan untuk memutar *motor shredder*.
3. Tacho generator dikopel dengan motor *shredder* yang keluaran tegangan dari tacho generator tersebut digunakan sebagai pemicu TRIAC yang sebelum di picu melalui rangkaian kontrol fasa terlebih dahulu yang digunakan untuk rangkaian otomatisasi kecepatan pada motor konveyor.
4. Driver relay , dan ic LM3915 yang berfungsi untuk memproses keluaran tacho generator dari motor *shredder* dan untuk memutuskan keseluruhan sistem sebelum motor bergerak *shredder* melewati arus nominal.

Perencanaan sistem dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem beserta rangkaian elektronik pendukungnya, hal ini dimaksudkan agar sistem pengidentifikasi dapat berjalan sesuai dengan yang telah direncanakan.

4.5 Perancangan Struktur Rangkaian Elektrik

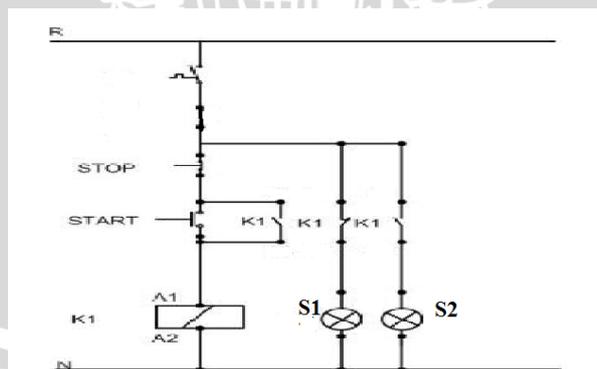
Perancangan rangkaian elektrik modul otomatis *Fruit Shredder Feeding* terbagi menjadi beberapa langkah antara lain:

1. Perancangan rangkaian *start stop*.
2. Perancangan rangkaian pengatur kecepatan.
3. Perancangan sensor *level trip*.
4. Perancangan pengaman terhadap laju pertambahan arus di/dt
5. Perancangan pengaman terhadap laju pertambahan tegangan dv/dt

4.5.1 Perancangan Rangkaian Start Stop

Rangkaian *start stop* yang nantinya digunakan untuk memutus atau menyambung aliran arus ke motor melalui anak kontak kontaktor utama. Kontaktor utama harus mendapatkan tegangan suplai agar anak kontakannya berubah kondisi. Hal ini dicapai dengan menekan tombol start atau tertutupnya anak kontak NO dari relay kontrol jarak jauh pada rangkaian tersebut. Komponen yang digunakan memiliki kapasitas :

- Kontaktor telemecanique, coil A1-A2 220Vac
- Relay 5A / 12VDC
- Push button On/Off
- MCB CL4
- Indikator lamp 220Vac



Gambar 4.5 Sistem *Start Stop*

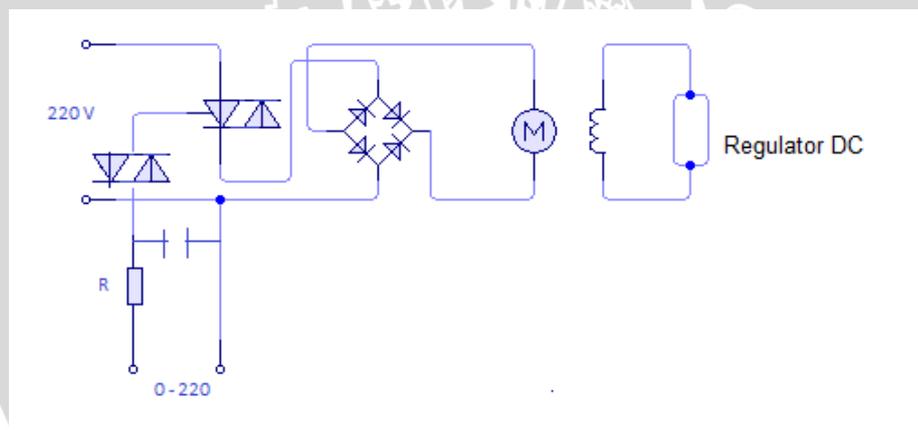
Pada gambar 4.5 dijelaskan bahwa perancangan rangkaian start stop dimulai dari MCB yang selanjutnya *push button* stop yang terpasang NC (Normally Close) . Ketika MCB dalam kondisi menyala , maka lampu indikator merah menyala seperti

ditunjukkan pada symbol S1 di gambar 4.2. Setelah *push button* start ditekan, maka koil pada kontaktor mengubah rangkaian NC menjadi NO begitu pula sebaliknya. Pada kondisi ini lampu indikator berwarna hijau menyala untuk memberikan indikator arus listrik siap disalurkan pada beban motor.

Selain untuk starting motor, rangkaian start stop ini digunakan juga untuk proteksi arus lebih pada beban motor berdasarkan rangkaian Sensor Level Trip yang akan dijelaskan pada poin 4.3.3.

4.5.2 Perancangan Rangkaian Pengatur Kecepatan

Pada perancangan rangkaian *speed control*, komponen utama yang digunakan adalah TRIAC dan DIAC dalam rangkaian *speed control* yang berfungsi sebagai pengaturan kecepatan pada motor penggerak konveyor. Rangkaian pengatur kecepatan tersebut mendapatkan tegangan masukan 220 volt dari sumber. Rangkaian *gain regulated amplifier* memproses masukan tegangan tersebut yang selanjutnya memicu gate TRIAC. Seperti ditunjukkan pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Rangkaian Pengaturan Kecepatan

Pada gambar 4.6 adalah perancangan rangkaian pengaturan kecepatan pada penelitian ini. Dijelaskan bahwa pada perancangan ini menggunakan komponen TRIAC Q4004LT. Spesifikasi ini disesuaikan dengan kapasitas beban motor yang memiliki tegangan 220 V dan daya 0,5 HP. Pada *datasheet* TRIAC dijelaskan bahwa I_H yang digunakan untuk menjaga agar switching TRIAC on adalah 40 mA dan I_{GT} maksimal komponen TRIAC ini adalah 1,2 A sehingga untuk pengaturan otomatis digunakan R yang dirangkai seri sebesar :

$$V_{\text{maksimum keluaran TG}} = R \cdot I_{G \text{ maksimum}}$$

$$R = V_{\text{maksimum keluaran TG}} / I_{G \text{ maksimum}}$$

$$R = 175 \text{ V} / 1,2 \text{ A}$$

$$R = 146 \text{ Ohm}$$

Sehingga ditetapkan penggunaan resistor sebagai pembatas I_{GT} adalah 146 Ohm disesuaikan dengan yang ada di pasaran.

Pada perancangan ini rangkaian pengatur kecepatan digunakan untuk kebutuhan pengaturan manual dan otomatis, sesuai dilapangan . Rangkaian pengatur kecepatan ini disambungkan pada penguatan jangkar motor DC, Sedangkan untuk penguatan medan menggunakan regulator DC Laboratorium Mesin Elektrik yang diatur konstan.

Rangkaian pengatur kecepatan dapat langsung diputar menggunakan potensio putar sedangkan pada perancangan alat ini kecepatan motor penggerak konveyor menggunakan outputan dari tacho generator yang selanjutnya diproses pada rangkaian gambar 4.6.

4.5.3 Perancangan Pengaman Terhadap Laju Pertambahan Arus di/dt

Kerusakan TRIAC yang disebabkan oleh di/dt yang tinggi dapat dihindari dengan memasang induktor terpasang seri dengan baban. di/dt adalah tingkat perubahan arus yang mengalir melalui *thyristor* ketika terjadi perubahan kondisi dari padam (*off state*) ke nyala (*on state*). Dalam perancangan pengaman terhadap laju pertambahan arus di/dt harus di bawah spesifikasi di/dt maksimum komponen, hal ini dapat dilakukan dengan memasang induktor secara seri dengan komponen. Secara pendekatan, di/dt maksimum dapat dihitung melalui persamaan (2-22):

$$\begin{aligned} di/dt_{\text{maks}} &= \frac{\sqrt{2} \cdot 220}{0,02565} \\ &= 12129,7 \text{ A/detik} \\ &= 0,01213 \text{ A/}\mu\text{detik} \end{aligned}$$

Nilai Induktansi pada persamaan (2-22) merupakan nilai induktansi pada motor yang digunakan adalah 0,02565 H. Pada spesifikasi TRIAC yang telah dipilih yaitu TRIAC Q4004 rating laju pertambahan arus maksimalnya adalah 50 A/ μ detik. Rating ini sudah mencukupi kebutuhan untuk menjaga laju pertambahan arus, sehingga tidak diperlukan lagi perancangan pengaman laju pertambahan arus.

4.5.4 Perancangan Pengaman Terhadap Laju Pertambahan Tegangan dv/dt

Pengaman terhadap laju kenaikan tegangan dv/dt perlu dilakukan karena jika dv/dt dari TRIAC terlampaui maka TRIAC akan terkonduksi meskipun tidak ada arus *trigger* pada terminal *gate* TRIAC. Pengaruh dv/dt bisa dikurangi dengan menggunakan rangkaian pengaman. Setiap TRIAC mempunyai spesifikasi dv/dt maksimumnya yang tertera pada setiap *datasheet* komponen. dv/dt pada *datasheet* TRIAC Q4004 tertera sebesar $10V/\mu\text{detik}$. Nilai induktansi motor sebesar $0,02565\text{ H}$. Perhitungan nilai dari kapasitor pengaman C dijelaskan pada Persamaan (2-25) – (2-27). Sesuai dengan persamaan tersebut maka hasil perhitungan sesuai dengan persamaan adalah sebagai berikut:

$$f_0 = \frac{10 \times 10^6}{220 \sqrt{2} \times 2\pi}$$

$$f_0 = 5,1\text{ kHz}$$

nilai C ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (4-8)$$

$$C_s = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 L} \quad (4-9)$$

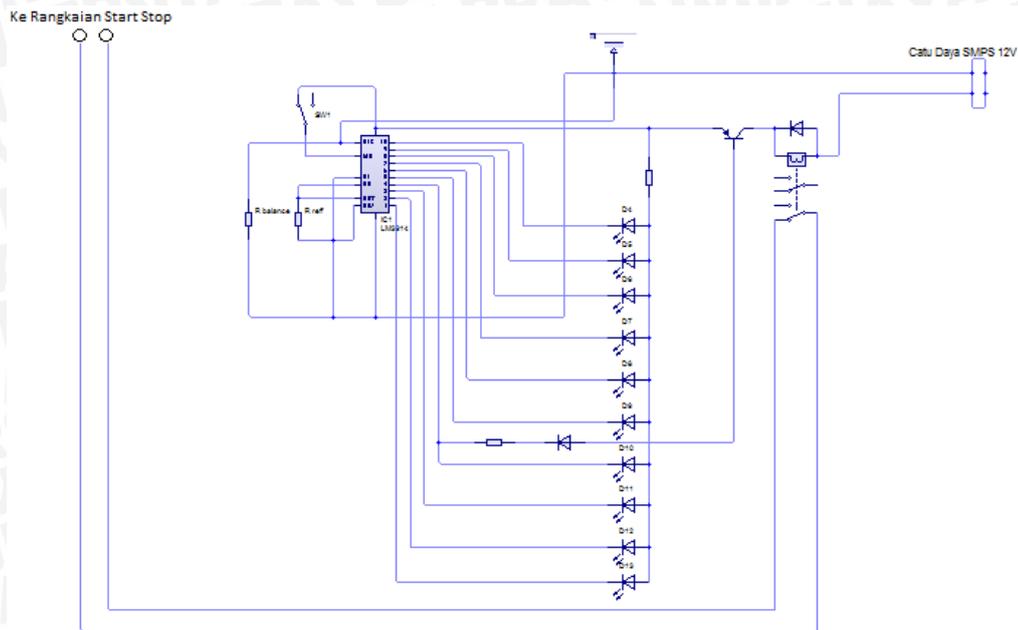
$$= \frac{1}{(2\pi \times 5,1 \times 10^3)^2 \times 0,02565}$$

$$= 37,96 \times 10^{-9}\text{ F}$$

Berdasarkan perhitungan di atas dan disesuaikan dengan komponen yang ada dipasaran maka nilai kapasitor yang digunakan sebesar $C = 33\text{ nF}$

4.5.5 Perancangan Sensor *Level Trip*

Alat ini merupakan salah satu perlengkapan monitor untuk melihat level puncak suatu sistem elektrik. VU meter ini menggunakan display LED karena waktu responnya cepat, beroperasi pada tegangan rendah dan arus kecil, sehingga kompatibel dengan disain rangkaian terintegrasi. Rangkaian ini menggunakan IC LM3915N yang dapat mengendalikan sampai 10 LED. Ada 10 buah komparator yang membandingkan level tegangan input terhadap tegangan referensi .



Gambar 4.7 Rangkaian Sensor *Level Trip*

Pada IC ini telah tersedia sumber tegangan referensi sehingga tidak diperlukan lagi sumber tegangan referensi dari luar. Untuk menaikkan tegangan referensi dapat dilakukan dengan memasang resistor R4. Tegangan referensi yang telah dinaikkan ini tidak peka terhadap perubahan temperatur dan tegangan catu. Tegangan referensi ini digunakan untuk mengendalikan pembagi tegangan di dalam IC tersebut. Penentuan parameter level trip pada keluaran led IC LM3915 tersebut bertujuan agar pada level tegangan yang ditentukan motor penggerak shredder diputus dengan menyambungkan ke rangkaian driver relay .

4.6 Pembuatan Struktur Rangkaian Elektrik

Seperti halnya pada struktur mekanik, perancangan desain struktur rangkaian elektrik dibuat secara nyata dengan alat-alat seperti solder, timah, board, komponen-komponen elektrik, dan lain-lain. Dalam pembuatannya harus benar-benar teliti agar tidak terjadi banyak kesalahan akibat beberapa kemungkinan seperti jalur terputus, jalur terhubung dengan jalur lain yang bukan hubungannya, atau pun rusaknya komponen karena terlalu lama disolder. Modul rangkaian elektrik yang telah jadi ditunjukkan pada gambar di lampiran.