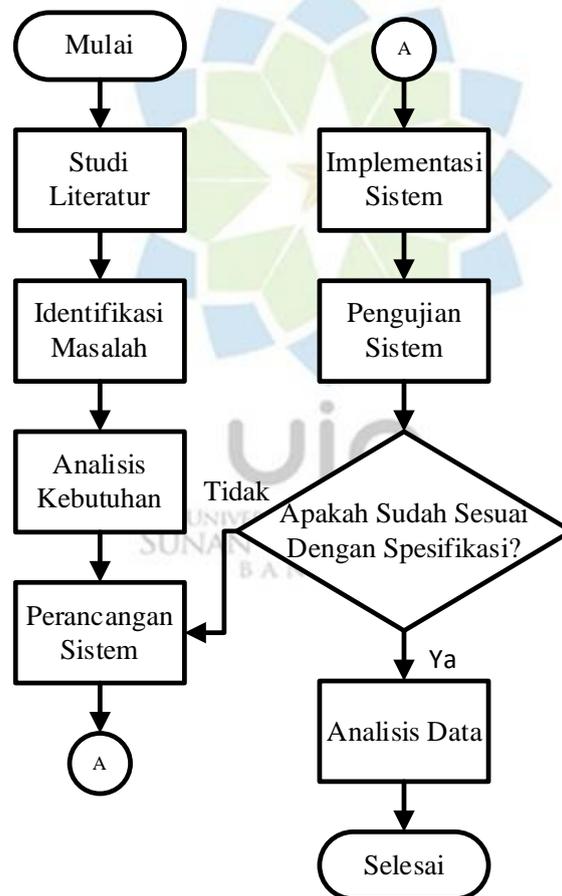


BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi

Metode penelitian yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini memiliki tahapan penelitian yang akan di tunjukkan pada Gambar 3.1. Berdasarkan gambar tersebut alur metodologi penelitian tugas akhir ini adalah untuk melakukan rancang bangun prototipe konveyor pemilah limbah tekstil kain berdasarkan tingkatan warna dengan menggunakan metode klasifikasi *K-Nearest Neighbors*, serta menganalisis hasil pengujian dari sistem yang telah dibuat.



Gambar 3. 1 Tahapan penelitian.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur merupakan kegiatan pengumpulan literatur yang mirip dan berkaitan dengan penelitian ini. Literatur tersebut diantaranya adalah hasil-hasil

sebelumnya dalam melakukan rancang bangun prototipe konveyor pemilah limbah tekstil kain berdasarkan tingkatan warna dengan menggunakan metode klasifikasi *K-Nearest Neighbors*.

3.3 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah adalah proses merumuskan masalah penelitian berdasarkan data kondisi di lapangan dan studi literatur yang telah dilakukan. Dalam penelitian ini identifikasi masalahnya adalah merancang dan membuat sistem pemilah dari limbah kain dengan menggunakan metode klasifikasi *K-Nearest Neighbors* yang mampu bekerja optimun dalam menyortir kain berdasarkan tingkatan warna.

3.4 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan diperlukan pada penelitian ini agar perencanaan penelitian sesuai dengan kebutuhan sistem yang nantinya dapat dirancang dengan baik dan menghasilkan sistem pemilah limbah tekstil kain yang diharapkan. Pada tahap ini kebutuhan dilakukan dengan analisis terhadap kebutuhan yang diperlukan dalam penelitian antara lain kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak.

3.4.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Untuk membangun suatu sistem yang dapat melakukan proses pemilahan limbah kain secara otomatis diperlukan beberapa komponen perangkat keras, komponen-komponen tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Kebutuhan perangkat keras.

No	Nama	Jumlah	Keterangan
1	Arduino UNO	1 buah	Mikrokontroler
2	Sensor warna TCS3200	1 buah	Sensor warna
3	Sensor <i>Loadcell</i> HX-711	2 buah	Sensor berat
4	LCD 16x2 I2C	1 buah	Untuk tampilan layar
5	<i>Buzzer</i>	1 buah	Alarm pengingat
6	<i>Servo</i> motor 180 <i>degree</i>	2 buah	Pemilah klasifikasi

No	Nama	Jumlah	Keterangan
7	<i>Gearbox motor DC</i>	1 buah	Penggerak konveyor
8	<i>Conveyor belt</i>	1 buah	Tali konveyor
9	Kabel jamper	Secukupnya	Penghubung sirkuit

Arduino berperan sebagai pengendali dan menangani proses *learning*. Sensor TCS3200 mengekstraksi fitur warna RGB dari limbah kain, yang kemudian diklasifikasikan berdasarkan tingkat kecerahan, yaitu cerah dan gelap. Setelah dikenali, limbah kain dipilah dan dimasukkan ke wadah yang sesuai. *Loadcell* HX-711 menghitung berat kain di wadah, dan hasil klasifikasi warna ditampilkan pada LCD 16x2 I2C.

3.4.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah Arduino IDE dan *draw io*. Arduino IDE berfungsi untuk mengembangkan dan mengimplementasikan program pada sistem berbasis Arduino. *Draw.io* digunakan untuk membuat skema rangkaian. Algoritma KNN akan diimplementasikan untuk mengklasifikasikan tingkat kecerahan warna dan memberikan instruksi kepada sensor serta komponen lain dalam proses pemilahan limbah tekstil, Perangkat lunak yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Kebutuhan perangkat lunak.

No	Nama	Jumlah	Keterangan
1	Arduino IDE	1 buah	Digunakan untuk membuat program pada perangkat lunak
2	<i>Draw IO</i>	1 buah	Digunakan untuk membuat skematik rangkaian
3	<i>Tinkercad</i>	1 buah	Digunakan untuk membuat desain alat
4	<i>Google Colab</i>	1 buah	Digunakan untuk menampilkan <i>confusion matrix</i>

3.4.3 Analisis Kebutuhan Fungsional dan Non-Fungsional

Kebutuhan fungsional meliputi fitur-fitur yang diperlukan dalam sistem. Sedangkan kebutuhan non-fungsional meliputi keamanan performa, dan skalabilitas sistem. Kebutuhan fungsional yang diperlukan untuk menunjang penelitian ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Daftar kebutuhan fungsional.

ID	Deskripsi Kebutuhan Fungsional	Kategori
F1	Sistem harus dapat mendeteksi warna kain menggunakan sensor warna TCS3200 sebagai <i>input</i>	Deteksi warna
F2	Sistem harus dapat mengklasifikasi limbah kain berdasarkan tingkatan warnanya menggunakan metode KNN	Klasifikasi
F3	Sistem harus dapat memilah limbah kain secara otomatis berdasarkan tingkatan warna yang telah diklasifikasikan	Automasi
F4	Sistem harus memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mengklasifikasi kain	Akurasi

Kebutuhan fungsional pada sistem pemilah limbah kain otomatis berbasis sensor warna dan Arduino harus mampu memenuhi kebutuhan dasar sistem secara keseluruhan. Sistem ini harus dapat mengidentifikasi dan mengklasifikasikan kain berdasarkan tingkatan warna yang telah ditentukan dengan akurat dan konsisten. Dengan demikian, *output* yang dihasilkan oleh sistem dalam proses pemilahan kain harus memiliki tingkat ketepatan yang tinggi untuk memastikan bahwa kain-kain tersebut dipilah sesuai dengan kategori warna yang diinginkan. Selain kebutuhan fungsional, penelitian ini juga mencakup kebutuhan non-fungsional yang turut mendukung kinerja sistem secara keseluruhan. Kebutuhan non-fungsional ini meliputi aspek-aspek seperti keandalan dan kemudahan penggunaan sistem, serta dapat dilihat secara lebih rinci pada Tabel 3.4. Dengan memperhatikan kedua jenis kebutuhan ini, diharapkan sistem pemilah limbah kain yang dikembangkan dapat

berfungsi dengan optimal dan memberikan kontribusi positif dalam proses daur ulang tekstil.

Tabel 3. 4 Daftar kebutuhan non-fungsional.

ID	Deskripsi Kebutuhan Non-Fungsional	Kategori
NF1	Sistem harus dapat bekerja dengan akurat dalam mendeteksi dan memilah limbah kain berdasarkan tingkatan warna	<i>Performance</i>
NF2	Sistem harus dapat diatur untuk memilah tingkatan warna yang berbeda-beda	<i>Scalability</i>
NF3	Sistem harus dapat bekerja secara konsisten dan dapat diandalkan dalam memilah limbah kain	<i>Reliability</i>
NF3	Sistem harus dapat bekerja secara konsisten dan dapat diandalkan dalam memilah limbah kain	<i>Reliability</i>
NF5	Sistem harus mudah dipelihara dan diperbaiki jika terjadi kerusakan atau masalah	<i>Maintenance</i>

3.4.4 Kebutuhan Data *Training*

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini dikumpulkan dari kain-kain yang telah dipilah oleh ahli di bidang industri tekstil. Ahli dari industri tersebut menjelaskan bahwa kain cerah mencakup warna-warna dengan tingkat kecerahan tinggi, seperti kuning cerah dan merah muda, sedangkan kain gelap mencakup warna-warna dengan tingkat kecerahan rendah, seperti coklat tua dan ungu tua. Proses pelabelan kain ini dilakukan dengan bantuan *expert* di bidang tekstil untuk memastikan ketepatan pemilahan antara kain cerah dan kain gelap. Setelah dikategorikan dan dilabeli sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh ahli, kain-kain tersebut kemudian dimasukkan satu per satu ke dalam sistem yang dilengkapi dengan sensor TCS3200. Sensor ini digunakan untuk mendapatkan nilai ekstraksi warna berupa nilai RGB dari setiap kain yang telah dipilah, di mana semua data diambil tanpa ada yang dikurangi. Jumlah keseluruhan data 24 kain kemudian

dibagi menjadi beberapa rasio split data, yaitu 90:10, 80:20, dan 70:30, yang dapat dilihat pada Tabel 3.5. Data tersebut dikelompokkan dalam dua kelas, yaitu cerah dan gelap, sesuai dengan kategori yang telah ditetapkan sebelumnya. Pelabelan kain ini sudah dilakukan sejak awal saat pemilahan oleh *expert*. Namun, setelah data diambil dan nilai RGB diperoleh, terlihat perbedaan yang cukup jelas, di mana kain cerah cenderung memiliki nilai RGB yang lebih rendah dibandingkan dengan kain gelap. Contoh data untuk kain cerah dan gelap yang dijadikan sebagai sampel dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan 3.3.



Gambar 3. 2 Data RGB kain cerah.

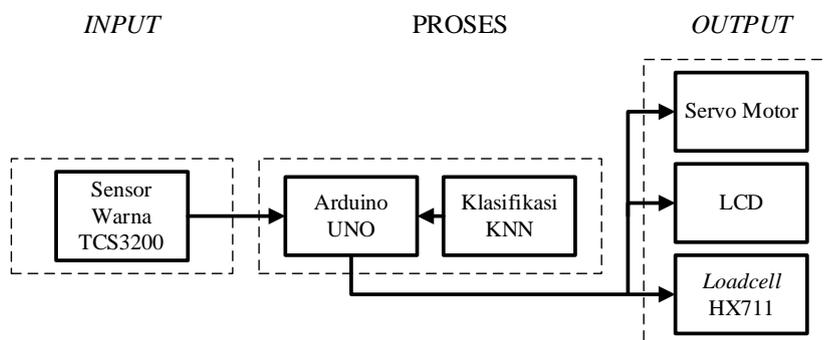


Gambar 3. 3 Data RGB kain gelap.

Gambar 3.2 dan 3.3 menunjukkan proses pengambilan data untuk nilai RGB. Proses pemilahan kain cerah dan gelap dimulai dengan bantuan *expert* di bidang tekstil. Ahli tersebut dengan teliti memisahkan kain-kain berdasarkan tingkat kecerahan yang telah ditentukan. Setelah proses pemilahan selesai, setiap kain kemudian dimasukkan ke dalam sistem yang dilengkapi dengan sensor TCS3200 untuk mengukur nilai RGB (*Red, Green, Blue*) dari masing-masing kain. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kain cerah cenderung menghasilkan nilai RGB yang lebih rendah dibandingkan dengan kain gelap, yang nilai RGB lebih tinggi. Proses ini nantinya dijadikan sebagai sampel untuk proses pada algoritma klasifikasi *K-Nearest Neighbors*.

3.5 Perancangan Sistem

Penelitian ini bertujuan untuk membangun sebuah sistem pemilah limbah kain perca yang akan memisahkan kain berdasarkan tingkat kecerahan warna secara otomatis menggunakan metode klasifikasi *K-Nearest Neighbors*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan alat yang dibangun. Sistem yang akan diaplikasikan pada alat ini bekerja dengan menempatkan limbah kain pada sensor warna TCS3200, yang digunakan untuk menangkap citra warna dari kain. Selain itu, sensor *Loadcell* HX-711 ditempatkan di setiap wadah penampungan hasil klasifikasi untuk mengukur berat kain yang dipilah. Hasil klasifikasi akan ditampilkan pada LCD yang digunakan sebagai *output* dalam rancangan sistem ini. Rancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 3.2.

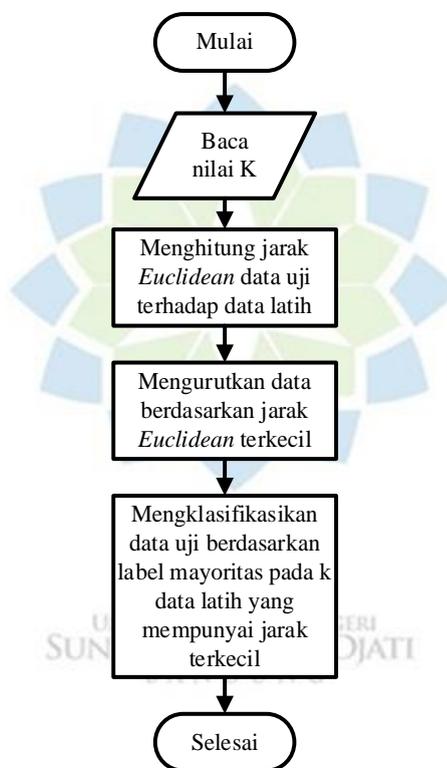


Gambar 3. 4 Perancangan sistem.

Perancangan penelitian ini dibagi ke dalam empat subbab, yaitu perancangan algoritma klasifikasi, perancangan sistem pemilah, perancangan *hardware* dan perncangan *software*.

3.5.1 Perancangan Algoritma Klasifikasi

Perancangan perangkat lunak, program yang dibuat menerapkan algoritma *K-Nearest Neighbors* untuk melakukan klasifikasi. Untuk tipe jarak yang digunakan adalah jarak *Euclidean*. Prosesnya dapat dilihat pada Gambar 3.3.

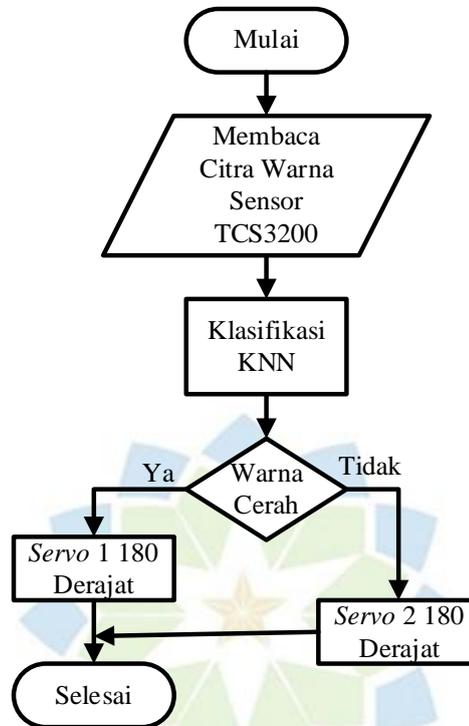


Gambar 3. 5 Cara kerja algoritma klasifikasi.

3.5.2 Perancangan Sistem Pemilah

Setelah data dari sampel berhasil diinput dan disimpan. Selanjutnya data tersebut digunakan untuk membuat aturan klasifikasi. Dengan demikian alat sudah dapat melakukan proses pemilahan. Setiap limbah kain yang dipilah akan dibaca fitur warnanya kemudian diklasifikasi menggunakan algoritma KNN. Setelah kain diklasifikasi berdasarkan tingkatan warna, kain akan ditempatkan sesuai pada

sebuah wadah. Untuk lebih lengkapnya, cara kerja sistem yang dibangun dapat dilihat pada Gambar 3.4.



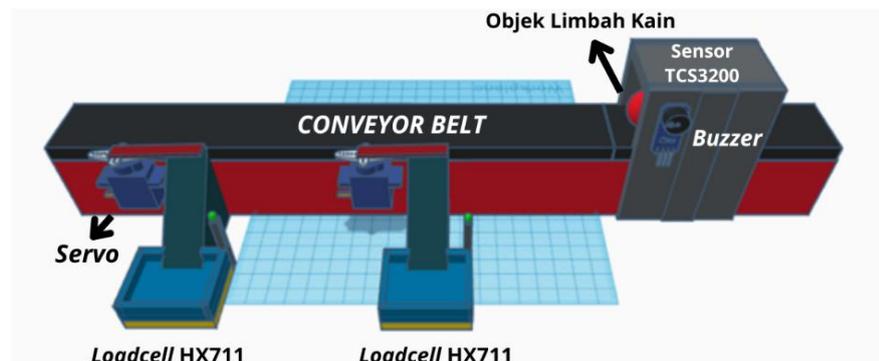
Gambar 3. 6 Cara kerja sistem pemilah.

Limbah kain yang akan dipilah mula-mula akan dibaca fitur warnanya menggunakan sensor TCS3200. fitur warna tersebut akan digunakan sebagai acuan dalam penentuan kelas dari limbah kain tersebut apakah masuk kelas cerah atau gelap. Apabila limbah kain tersebut termasuk kelompok cerah, *servo 1* akan bergerak ke sudut 180 derajat untuk mengarahkan *conveyor* kearah wadah penampung kain untuk label cerah, jika masuk pada kelompok gelap *servo 2* yang akan bergerak ke 180 derajat. Setelah *conveyor* mengarahkan limbah kain keposisi wadah penampung yang tepat sesuai klasifikasinya selanjutnya pada wadah penampungan akan ditimbang sesuai batas atau kebutuhan, jika melebihi kapasitas penampungan maka *buzzer* akan berbunyi.

3.5.3 Perancangan *Hardware*

Gambar 3.5 terlihat bahwa sensor warna TCS3200 ditempatkan di bagian atas, menghadap konveyor. Sensor ini akan mengambil fitur warna (RGB) dari limbah kain perca, yang kemudian diproses oleh Arduino Uno untuk

diklasifikasikan menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbors* (KNN). Setelah objek kain diklasifikasikan, *servo* motor akan berputar ke arah wadah penampungan yang sesuai dengan tingkatan warna hasil klasifikasi. Setelah limbah kain berada di wadah penampungan, sensor *Loadcell* HX-711 yang terdapat pada masing-masing wadah akan menimbang beratnya. Jika berat melebihi batas yang ditentukan, *buzzer* akan berbunyi sebagai tanda peringatan.



Gambar 3. 7 Perancangan *hardware*.

3.5.4 Perancangan *Software*

Perancangan perangkat lunak (*software*) dalam penelitian ini disesuaikan dengan kebutuhan untuk mendukung tahapan metodologi. Perancangan tersebut mencakup kebutuhan perangkat lunak yang akan digunakan dalam penelitian. Adapun perangkat lunak yang digunakan yaitu: *Arduino IDE* merupakan salah satu *software* yang dapat digunakan untuk membuat program ke mikrokontroler. Perangkat lunak ini digunakan untuk mengolah masukan nilai RGB dari sensor TCS3200, masukan tersebut nantinya diolah kembali dalam menerapkan metode *K-Nearest Neighbors*. Berikutnya *Draw IO* merupakan perangkat lunak diagram yang digunakan untuk membuat berbagai jenis diagram visual.

3.6 Implementasi Sistem

Setelah semua proses dilakukan, hasil dari perencanaan dan analisis kebutuhan sudah sesuai akan dilakukan pembuatan alat pemilah limbah tekstil kain yang memiliki beberapa komponen seperti *Arduino UNO*, *Sensor Warna TCS3200*, *Sensor Loadcell HX-711*, *Servo Motor 180 degree*, *Gearbox motor DC*, *Conveyor*

Belt, dan lain-lain. Implementasi dilakukan dengan menyusun kode program untuk klasifikasi KNN sesuai yang telah dirancang sebelumnya.

3.7 Pengujian

Setelah menyelesaikan proses perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, langkah berikutnya adalah menjalankan program dan melakukan pengujian pada setiap rangkaian untuk memastikan kesesuaian dengan yang diinginkan. Pengujian dilakukan secara menyeluruh, mencakup pengujian perangkat, pengujian sistem dan pengujian data. Tujuan pengujian adalah untuk memverifikasi bahwa semua komponen dapat beroperasi dengan baik.

3.7.1 Pengujian Perangkat

Pengujian perangkat ini meliputi berbagai komponen utama seperti Arduino, sensor warna TCS3200, *loadcell*, LCD, *servo*, dan *buzzer*. Setiap komponen akan diuji secara individual untuk memastikan fungsionalitas dan keandalannya dalam mendukung sistem secara keseluruhan. Pengujian ini penting dilakukan untuk menjamin bahwa setiap perangkat berfungsi dengan baik dan dapat berkontribusi secara optimal dalam proses pemilahan limbah kain perca.

3.7.2 Pengujian Sistem

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem dalam melakukan pemilahan serta menemukan performa terbaik dari algoritma yang diterapkan, maka diperlukan pengujian dan perhitungan tingkat akurasi. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil pemilahan yang dilakukan oleh sistem dengan hasil pengamatan secara manual. Hasil dari pengujian akan ditampilkan dalam bentuk *confusion matrix*, sehingga dapat diketahui jumlah data yang diklasifikasi dengan benar dan jumlah data yang tidak diklasifikasi dengan benar dari masing-masing tingkatan warna. Tingkat akurasi akan dihitung berdasarkan rasio jumlah pengujian yang menghasilkan klasifikasi yang benar terhadap jumlah keseluruhan pengujian yang dilakukan. Sehingga tingkat akurasi dapat ditentukan dengan rumus:

$$A = \frac{n_{Benar}}{n_{Uji}} \times 100\% \quad (3.1)$$

Dimana A adalah persentase akurasi yang didapat dari jumlah pengujian dengan klasifikasi benar dibagi jumlah seluruh data uji. Untuk menemukan performa terbaik dari algoritma KNN, pengujian akan dilakukan sebanyak 3 sesi dengan masing-masing *split* rasio pengujian yaitu 90:10, 80:20, 70:30. Setiap sesi akan menerapkan nilai K yang berbeda. Antara lain: $k=1$, $k=3$, dan $k=5$ Berdasarkan akurasi, hasil pengujian dapat digunakan untuk menghitung evaluasi matrik lainnya, yaitu:

1. *Precision*

Model perhitungan *confusion matrix* ini bertujuan untuk menggambarkan akurasi antara data yang diminta dengan hasil prediksi yang diberikan oleh model dalam pengujian, artinya jumlah data yang diklasifikasi dengan benar, dibagi jumlah data yang diklasifikasi dengan benar yang sudah ditambah jumlah data yang salah pada klasifikasi.

2. *Recall*

Model perhitungan *confusion matrix* ini menggambarkan keberhasilan model dalam menemukan kembali sebuah informasi. Artinya jumlah data yang diklasifikasi dengan benar, dibagi jumlah data yang diklasifikasi dengan benar yang sudah ditambah jumlah data yang dilabeli salah dalam klasifikasi ($FP=0$).

3. *F1-Score*

Model perhitungan ini menggambarkan perbandingan rata-rata *Precision* dan *Recall* yang dibobotkan. Biasanya akurasi dijadikan acuan peformansi algoritma jika *dataset* memiliki data *False Negative* dan *False Positive* yang sangat mendekati (*symmetric*). Namun jika jumlahnya tidak mendekati, maka sebaiknya menggunakan *F1-Score* sebagai acuan.

3.7.3 Pengujian Data

Sampel yang akan digunakan adalah sejumlah kain dengan tingkat warna yang berbeda yang diklasifikasi dengan metode manual. Penulis mengumpulkan kain dengan mengambil langsung limbah kain hasil dari produksi. Limbah kain yang dikumpulkan dibagi kedalam dua golongan yaitu cerah dan gelap. Tabel 3.5

adalah rincian dari data sampel limbah kain yang akan digunakan dalam penelitian ini pada tiap rasio perbandingan.

Tabel 3. 5 Jumlah sampel kain pada tiap rasio.

Rasio Perbandingan Data	Jumlah Data Latih	Jumlah Data Uji
90:10	22	2
80:20	20	4
70:30	18	6

Pengujian akan dibagi menjadi tiga rasio untuk menentukan rasio terbaik dalam melakukan klasifikasi. Rasio perbandingan yang digunakan adalah 90:10, 80:20, dan 70:30. Pada rasio 90:10, data latih terdiri dari 22 data dan data uji sebanyak 2 data. Pada rasio 80:20, data latih berjumlah 20 data, sementara data uji berjumlah 4 data. Sedangkan pada rasio 70:30, data latih terdiri dari 18 data dan data uji sebanyak 6 data. Semua data yang digunakan berasal dari dataset kain perca yang sama, yang kemudian dibagi menjadi beberapa perbandingan split rasio. Setiap rasio dibandingkan untuk menemukan rasio yang menghasilkan akurasi terbaik dalam klasifikasi.

